Untersuchungen

über die

Verteilung der Gasblasen in den Leitungsbahnen des Holzes von Fagus silvatica und Picea excelsa.

Von

Dr. Eduard von Kostecki.

Untersuchungen

über die

Verteilung der Gasblasen in den Leitungsbahnen des Holzes von Fagus silvatica und Picea excelsa.

Inaugural-Dissertation

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Universität Freiburg in der Schweiz

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Eduard von Kostecki

aus Warschau.

ACAD. AGRIC. HAT. BIBL.

FREIBURG (Schweiz)

St. Paulus-Druckerei

1910

Mojej Matce

i Cieniom mego Ojca.

EINLEITUNG

Das Vorkommen von Gasblasen in den Leitungsbahnen lebender Pflanzen ist für das Problem des Saftsteigens von großer Bedeutung, sowohl hinsichtlich der Wege, die der Saft einschlägt, als auch hinsichtlich der Kräfte, die ihn bewegen.

Bevor ich zur Beschreibung meiner eigenen Untersuchungen an Fagus silvatica und Picea excelsa übergehe, sei es mir gestattet, die früheren Arbeiten, soweit sie mit meinem Thema in Zusammenhang stehen, kurz zu besprechen.

Die erste zuverlässige Angabe findet sich bei J. Sachs (1) in seiner 1879 erschienenen Arbeit « Über die Porosität des Holzes ».

In 100 cm^3 frischem Holz aus einem Stamm von Abies pectinata bestimmte Sachs (1. p. 552) im Januar :

24,81 cm^3 Wandmasse (trocken gedacht),
58,63 cm^3 Wasser (in Zellräumen und inbibiert),
16,56 cm^3 Lufträume.

« Es wäre », so schreibt Sachs (1. p. 552), « eine der lohnendsten Aufgaben, zu untersuchen, wie sich diese Verhältnisse im Holz der lebenden Bäume zu verschiedenen Jahreszeiten, besonders zur Zeit des größten und geringsten Wasserreichtums, ferner in

der Nacht und am Tage gestalten, da man auf diese Art ein Urteil über die Volumen- und Spannungsänderungen der Luft und des Wasserdampfes in den Zellräumen gewinnen und aus diesen die Filtrationsbewegungen des Wassers im Holz beurteilen könnte. »

Durch diese Bemerkung angeregt, unternahm R. Hartig in den Jahren 1882 und 1883 seine ausgezeichneten Untersuchungen (2). « Über die Verteilung der organischen Substanz, des Wassers und Luftraumes in den Bäumen. »

Betula verrucosa, Fagus silvatica, Quercus pedunculata, Larix europaea, Pinus silvestris und Picea excelsa wurden von Hartig in der Weise untersucht, daß er zu verschiedenen Jahreszeiten aus frisch gefällten Bäumen in verschiedenen Baumhöhen 7 cm hohe Holzscheiben aussägen ließ und sofort das Frischgewicht der in bestimmter Weise aus Rinde, Splint- und Kernholz entnommenen Proben feststellte. Durch mehrmaliges Wägen ausgetrockneter Proben wurde das Trockengewicht bestimmt. Die Bestimmungen des Frisch- und Trockenvolumens in dem Xylometer ergänzten die unmittelbaren Messungen.

Das Volumen des Luftraumes im Holze wurde durch Subtraktion des Trockenvolumens der Substanz und des Wasservolumens vom Frischvolumen gefunden (2. p. 15).

Die folgenden Tabellen geben eine Auskunft über die Gasvolumina in den von Hartig untersuchten Stämmen von Fagus silvatica und Picea excelsa.

Fagus silvatica

Baumhöhe in m.	Luftraum											
	28. Dezemb. 1881		16. Februar 1882		24. März 1881		7. Mai 1881		2. Juli 1881		8. Oktob. 1881	
	Splint	Kern	Splint	Kern	Splint	Kern	Splint	Kern	Splint	Kern	Splint	Kern
1.5	11.7	32.2	15.8	28.7	27.2	28.9	15.9	32.4	12.7	17.4	17.4	27.5
3.7	9.5	31.8	17.4	35.0	22.5	29.4	15.3	29.1	9.8	19.9	15.3	30.4
5.9	10.9	32.6	18.0	34.1	20.4	29.8	17.0	32.9	9.9	30.4	15.5	29.2
8.1	9.3	28.6	18.4	31.4	19.0	25.1	13.6	32.6	7.8	31.5	15.2	23.6
10.3	9.0	15.1	14.4	33.8	19.1	22.1	10.4	25.1	—	32.7	17.5	30.5
12.5	7.6	12.3	14.2	31.7	15.9	20.1	10.1	23.2	10.0	31.6	15.9	32.4
14.7	7.4	7.3	14.0	23.6	11.5		17.9		15.5	30.7	14.9	34.9
16.9	6.1	11.9	9.8	25.5					17.1		12.9	28.5

Picea excelsa

Baumhöhe in m.	Luftraum											
	2. Januar 1882		4. März 1882		19. Mai 1881		9. Juli 1881		12. Oktober 1881		14. März 1881	
	Splint	Kern	Splint	Kern	Splint	Kern	Splint	Kern	Splint	Kern	Splint	Kern
1.5	8.3	69.6	15.7	65.0	13.1	65.2	9.3	67.0	12.2	64.8	16.8	63.9
4.6	13.5	69.7	16.4	61.6	14.3	67.2	10.5	64.3	15.6	63.9	14.6	62.5
7.7	10.7	69.9	16.5	62.1	10.3	66.0	13.9	66.5	12.8	61.2	17.3	62.3
10.8	10.3	68.2	10.3	60.6	9.4	65.2	9.2	61.9	11.5	61.2	12.8	58.1
13.9	9.8	67.6	7.4	59.4	7.0	61.6	8.3	61.7	6.4	59.3	9.6	62.2
17.0	9.9	63.8	6.0	57.1	7.1	58.2	4.8	53.9	5.2	52.8	8.0	62.5
20.1	9.4	63.3	6.4	58.9	6.9	46.3	9.6	35.6	5.2	36.4	6.7	60.6
23.2	10.0	61.3	5.8	22.8	7.5	35.8	8.1	21.0	3.7	22.6	12.9	59.4
26.3	15.9		15.0		7.1		5.3		8.4		13.3	

Hartigs Resultate lassen sich folgendermaßen zusammenfassen : Bei der Birke ergab sich ein Maximum des Gasgehaltes am 8. X. und 28. XII., ein Minimum am 24. III. und 7. V. Der Splint wurde im allgemeinen gasärmer gefunden als der Kern. Bei der Rotbuche beobachtete Hartig einen maximalen Gasgehalt am 16. II. und 24. III., ein Minimum am 2. VII. und 28. XII. Der Splint war stets gasärmer als der Kern. Die kleinste Differenz zwischen dem Gasgehalt des Splint- und Kernholzes zeigten die Versuche vom 24. III.

Bei der Eiche wurde ein Maximum am 16. II. und am 7. V., ein Minimum am 8. X. und 2. VII. beobachtet. Der Splint war im allgemeinen gasreicher als der Kern. Die Kiefer zeigte einen maximalen Gasgehalt am 19. V. und 14. III., einen minimalen am 2. I. Der Splint war stets viel gasärmer. Der größte Gasgehalt des Splintes ergab sich bei den Versuchen vom 12. XII. und 19. V. Bei der Fichte fand Hartig einen maximalen Gasgehalt am 19. V., ein Minimum am 9. VII. und 12. X. Das Splint- und Kernholz verhält sich wie bei der Kiefer. Am gasreichsten war der Splint im März und Januar.

Der Kern der Fichte wie derjenige der Kiefer besitzt (2. p. 44) gerade so viel Wasser, als zur vollen Sättigung der Holzwände erforderlich ist. « Die Tracheiden sind also nur luftführend und enthalten in ihren Hohlräumen kein Wasser. Anderseits ist der Wasserreichtum des Splintes im ganzen Baume und zu jeder Jahreszeit ein sehr großer und so hoher, daß nur geringe Veränderungen sich erkennen lassen ».

Bei der Besprechung seiner Versuche weist Hartig darauf hin, daß Fehlerquellen, wie Wasserverlust durch Verdunstung vor der Frischgewichtbestimmung

und Eindringen des Wassers in die Leitungsbahnen bei der Volumenbestimmung im Xylometer unvermeidlich waren. Dazu kommt noch eine weitere Fehlerquelle, die auf der Verdünnung der Luft in den Leitungsbahnen der Zweige und Stämme beruht und zur Folge hat, daß beim Entästen und Zerschneiden der Stämme Veränderungen der Blasenlängen und Verschiebungen der Jamin'schen Ketten eintreten.

1882 beobachtete G. Volkens (5), daß die Gefäße der Stengel krautiger Pflanzen, wie: Calla palustris, Caltha palustris, Menyanthes trifoliata, Fuchsia spec. u. a. lufthaltig sind.

Dieselbe Beobachtung machte er an Blattflächenschnitten von Ribes, Sambucus, Fraxinus, Aesculus, Quercus u. a. Um den Luftgehalt der Gefäße beobachten zu können, stellte Volkens durch die mit der Doppelschere aus den Stengeln und Blättern entnommenen Proben Längs- resp. Flächenschnitte her. Die Schnitte wurden in der Luft ausgeführt und ohne flüssiges Medium unter das Mikroskop gebracht.

Am 25. August untersuchte Volkens Phaseolus vulgaris bei einer Zimmertemperatur von 18–19° C. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Versuchszeit	Gasgehalt der Gefäße
10 Uhr morgens	Wenig ausgedehnte Gasblasen.
2 Uhr nachmittags	Viel Gas.
5 Uhr nachmittags	Die meisten Gefäße nur Gas, andere Wasser führend.

Die Resultate der Versuche vom 7. September,

welche nach Regenwetter angestellt wurden, lassen sich folgendermaßen zusammenfassen :

Versuchspflanze	Gasgehalt $^1/_2$ 8-9 h. morgens	Gasgehalt $^1/_2$ 2-$^1/_2$ 3 h. nachmit.
Galinsoga parviflora Papaver somniferum Curcurbita Pepo	In den Gefäßen war keine Luft zu finden	Es war reichlich Luft in den Gefäßen vorhanden.

Volkens sagt (5. p. 22) : « Die Resultate der beiden Versuchsreihen lehren, daß die Gefäße krautartiger Pflanzen in den frühesten Morgenstunden, solange die Transpiration fehlt oder nur geringfügig bleibt, nur Wasser in ihrem Innern führen und daß im Laufe des Tages ein Teil des Wassers durch Luft ersetzt ist. »

1892 beschrieb Pappenheim (6) eine Methode zur Bestimmung der Gasspannung im Splinte der Nadelbäume. Splintstücke von bekanntem Frischgewicht wurden in Wasser, das sich unter einem Drucke von 3 Atm. befand, eingelegt. Der Überdruck von 2 Atm. hatte den Zweck, eine Kompression der Binnenluft hervorzurufen. Nachdem der Überdruck aufgehoben war, strömte aus den Leitungsbahnen des Splintes eine Wassermenge, welche der Volumverminderung des Gases entsprach. Wenn die ausgeströmte Wassermenge und der Überdruck bekannt waren, konnte man das Gasvolumen bei dem Druck von einer Atm. berechnen. Nach dem Aufheben des Druckes ist in dem Holzstücke soviel Wasser zurückgeblieben, als erforderlich war, die Binnenluft auf Atmosphärenspannung zu komprimieren. Durch nochmaliges Wägen und Substraktion des Frischgewichtes läßt sich diese

Größe (e) ermitteln. e + v entspricht dem Gasvolumen bei dem Drucke y, der in dem frischen Holze herrschte. Nach dem Gesetze von Boyle und Mariotte verhält sich das Volumen der in frischem Holze befindlichen Binnenluft (e + v) zum Volumen der auf Atmosphärendruck komprimierten Binnenluft (v) umgekehrt wie die entsprechenden Drucke.

$\frac{e + v}{v} = \frac{700}{y}$, (bei Barometerstand von 700 mm) daraus läßt sich der negative Druck (y), unter welchem sich die Binnenluft in den Tracheiden befindet, in Millimetern Quecksilber berechnen.

Eine am 28. August um 7 Uhr 30′ früh gefällte 19.5 m hohe Edeltanne (Abies pectinata D. C.) ergab in Bezug auf die Lufttension und das Luftvolumen der trachealen Bahnen folgende Werte:

Baumhöhe, aus welcher die Probe entnommen war in m.	Tension der Tracheidenluft in mm.	100 Raum-Teile Splintholz enthalten an verd. Luft
18	331.9	9.22
17	490.5	10.74
16	514.4	10.79
15	559.8	7.43
14	584.7	8.05
13	595.6	7.73
12	539.4	7.08
11	512.7	6.28
10	535.1	6.52
Krone 9	555.2	6.80
8	529.5	7.06
7	527.5	7.34
6	567.4	7.65
5	534.3	7.03
4	557.1	5.75
3	511.7	5.84
2	555.7	6.08
1	510.0	6.05
0	495.7	8.35

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß die Binnenluft in den Splintholzteilen der untersuchten Tanne in allen Baumhöhen einen annähernd gleichen Grad negativer Spannung besaß (6. p. 38).

Pappenheim macht darauf aufmerksam, daß das Zerschneiden des zu untersuchenden Holzes bei freiem Luftzutritt nachteilig auf die erhaltenen Resultate wirken konnte (6. p. 39). Nach seinen Berechnungen wurden durch Eindringen der Luft in die angeschnittenen Tracheiden 0.22 % Gas in Bezug auf das Holzvolumen zuviel gefunden. Wenn wir die Untersuchungen Claussens (4. p. 469) über die Durchlässigkeit der Tracheidenwand für atmosphärische Luft in Betracht ziehen, so dürfte diese Schätzung doch zu gering erscheinen. Hiezu gesellt sich dann ferner der Umstand, daß durch die Kompression eine gewisse Luftmenge gelöst wurde und nach dem Aufheben des Druckes mit dem ausquellenden Wasser mitgerissen werden konnte. Inwiefern diese Fehlerquelle von Bedeutung ist, läßt sich nicht beurteilen, weil wir über die Qualität des verwendeten Wassers (gestanden, gekocht oder frisch) nicht benachrichtigt sind.

Leider erlaubt die Methode von Pappenheim nicht, sich über die Verteilung des Gases in verschiedenen Jahresringen Klarheit zu verschaffen.

Einige Angaben über diesen letzten Punkt sind bei E. Strasburger (7) zu finden, der seine Versuchsmethode folgendermaßen beschreibt (7. p. 681 u. p. 683): « Ich schnitt die Zweige womöglich unter Wasser ab und ließ sie dann eine halbe Stunde lang in einem dunklen, feuchten Raume, in welchem die Transpiration sehr schwach sein mußte, in Wasser stehen. Zweige, bei denen es nicht möglich war, sie unter Wasser von ihrem Mutterstamm zu trennen, sowie

größere Stammteile wurden sofort in Wasser gesetzt und dann ebenfalls, doch meist viel länger in dem dunklen Raume gelassen ». — « Um den Luftgehalt der trachealen Bahnen... festzustellen, schnitt ich aus denselben, etwa in halber Länge, zunächst ein etwa 10 cm langes Stück unter Wasser heraus und spaltete es dort auch gleich median. Dann wurde die eine Hälfte, mit der Spaltungsfläche nach oben, in horizontaler Lage aus dem Wasser gehoben und mit Olivenöl, unter Umständen auch mit Glycerin oder mit einem Gemisch von Glycerin und arabischem Gummi übergossen. »

Die Ergebnisse der Untersuchungen Strasburgers lassen sich in folgender Weise zusammenstellen (7. p. 683, 684, 685, 686 und 687.)

(Siehe Tabellen, S. 15, 16, 17.)

Am wenigsten lufthaltig fand Strasburger die Leitungsbahnen der von ihm untersuchten Pflanzen im Frühjahr. Über den Luftgehalt der Wurzeln schreibt er (7. p. 687) : « Sehr wasserreich fand ich im allgemeinen die primären Gefäßteile der untersuchten Wurzeln. Die Gefäße pflegten da nur in weiten Abständen einzelne Luftblasen aufzuweisen ». — « Der sekundäre Holzkörper einer Wurzel weist hingegen annähernd dieselben Verhältnisse wie derjenige des Stammes auf » (7. p. 688). — « Alle meine Untersuchungen führen somit übereinstimmend zu dem Ergebnis, daß auch die tätigen Leitungsbahnen nicht frei von Luftblasen sind » (7. p. 688).

An diese Untersuchungen Strasburgers über die Gasverteilung in den Leitungsbahnen möchte ich folgende Bemerkungen knüpfen :

Versuchsobjekt	Datum	Tageszeit	Verteilung des Gases
3 cm dicker Fichtenast	3. Juli	9 Uhr morg.	Fast gar keine Luftblasen in dem diesjährigen Jahresringe, Luftblasen im Spätholze des vorhergehenden und aller ältern Jahresringe, Luftblasen innerhalb der Frühtracheiden, aber erst in erheblicher Anzahl von dem vierten Jahresringe von außen an gerechnet
Schwarzkiefer	3. Juli	—	Luftblasen in einem Teile der Spättracheiden vom vorjährigen Holze an, während die Frühtracheiden in dem ganzen im sechsten Jahre stehenden Zweige nur vereinzelte Luftblasen aufzuweisen hatten.
Vierjähriger Lärchenzweig	3. Juli	—	Luftblasen nur sehr spärlich in den beiden letzten Jahresringen. Sie traten zahlreicher in den beiden inneren Jahresringen auf, ohne das Spätholz wesentlich zu bevorzugen.
Achtjähriger Zweig der Edeltanne	5. Juli	8 Uhr morg.	An der Oberseite war Luft fast nur in den Tracheiden des innersten Jahresringes vorhanden. An der Unterseite führte er in den braunwandigen Tracheiden ziemlich viel Luft in steigender Progression nach dem Marke. Nur der diesjährige Jahresring war annähernd frei von Luft.

Versuchsobjekt	Datum	Tageszeit	Verteilung des Gases
Tsuga canadenseis 1. 5 c. dicker Zweig	1. Juli	10 Uhr morg.	Keine Luft in den Tracheiden des diesjährigen Holzes, nur wenig Luftblasen in dem vorjährigen, dann aber Luft in steigender Menge nach dem Marke zu.
Pinus strobus, gefällter Stamm	1. Febr. Tauwetter	—	Kaum Luftblasen im letzten Jahresringe, solche aber in wachsender Zahl nach innen zu. Der siebente Jahresring von außen war schon sehr luftreich.
Tsuga, 3 cm dicker gefrorener Stamm	20. Dez. dauernd kalt 0 bis — 6° C	—	Das Holz war relativ luftreich; selbst zahlreiche Tracheiden des letzten Jahresringes führten Luftblasen.
Edeltanne, 50-jähriger, 19 cm dicker Stamm	20. Dez. dauernd kalt 0 bis —6°	—	Letzter Jahresring annähernd frei von Luftblasen. Nach innen zu nahm die Zahl und Größe der Luftblasen allmählich zu, ohne einen wesentlichen Unterschied im Verhalten des Früh- und Spätholzes aufzuweisen.
Robinia 3-jähriger Ast	3. Juli	10 Uhr morg.	Elemente des diesjährigen Zuwachses fast luftfrei. Im vorjährigen Zuwachs war hingegen schon viel Luft vertreten. Die engen Gefäßgruppen des Spätholzes erschienen im wesentlichen ohne Luft.

Versuchsobjekt	Datum	Tageszeit	Verteilung des Gases
Wistaria, Ast	3. Juli	—	Die Luft fehlte im wesentlichen nur innerhalb des letzten Jahresringes, und auch in diesem waren Luftblasen in den großen Gefäßen nicht selten.
Eichenast	7. Juli	—	Der diesjährige und der vorjährige Zuwachs zeigte in den Gefäßen vereinzelte Luftblasen, in den kurzen, die weiten Gefäße umgebenden Tracheiden aber keine Luft. Die engen Fasertracheiden führten Luft. In den nächst innern Jahresringen nahm der Luftgehalt der Elemente rasch zu.
Zweige von Ficus elastica, Ficus spuria, Akazien und Weiden			Die tätigen Wasserbahnen waren nicht vollständig luftfrei, wohl aber im Verhältnis luftarm.
Hart gefrorene Zweige von Robinia, Eiche, Ahorn und Rotbuche	19. Dez. nach anhaltendem Frost	—	Die Zweige waren relativ luftreicher als die im Sommer gefundenen, was mit dem bei klarem Himmel lang anhaltenden Kahlfrost in Zusammenhang stand.

1. Strasburgers Wahrnehmungen beziehen sich auf einmalige Versuche und ihre Ergebnisse konnten deswegen durch eine zufällige Bedingung beeinflußt werden.

2. Soweit es Strasburger angibt, haben seine Beobachtungen in den Morgenstunden stattgefunden, d. h. zu einer Zeit, in welcher sich die Pflanzen weit unter ihrer Maximaltranspiration befinden. Dementsprechend können die Ergebnisse nur den Verhältnissen am Morgen entsprechen ; sie geben uns dagegen keine Auskunft über die Gasverteilung in den trachealen Bahnen mittags, abends oder nachts.

3. Auf den Einfluß verschiedener äußerer Faktoren wie : Insolation, Wind, Feuchtigkeit der Luft und des Bodens ist keine Rücksicht genommen.

Es sei schon jetzt bemerkt, daß Strasburgers verallgemeinerte Schlußfolgerung (7. p. 688) : « Der Luftgehalt der besonders für die Wasserleitung beanspruchten peripherischen Bahnen ist stets am geringsten. Er schwankt innerhalb der zulässigen Grenzen, wobei von besonders lufthaltigen Bahnen sicher angenommen werden kann, daß sie aus irgend welchem Grunde außer Tätigkeit gesetzt sind » mit meinen Beobachtungen im Widerspruch steht.

L. Jost sagt (8. p. 84) : « Die Beobachtungen Strasburgers zeigen, daß in der Peripherie des Stammes der Luftgehalt der Gefäße geringer ist als im Zentrum, und daß die jüngsten Jahresringe ganz luftfrei sein können. Wenn es gelänge nachzuweisen, daß das allgemein so ist (Ewart 9.), dann wäre eine gewichtige Stütze für die « Kohäsionstheorie » gewonnen.

Schwendener (10., 11. und 12.) untersuchte den Gasgehalt der Leitungsbahnen bei verschiedenen einheimischen Bäumen, indem er die Proben mittels des

Preßler'schen Zuwachsbohrers resp. einem von ihm konstruierten Apparate unter Wasser entnahm. Die hieraus gewonnenen Resultate und ihre theoretische Verarbeitung führten Schwendener zum Schlusse, daß der Wurzeldruck die Jamin'schen Ketten nicht bis in die nötige Höhe des Baumes zu treiben vermag und daß die durch die Transpiration bedingte Saugwirkung in der Jamin'schen Kette auf die Äste beschränkt bleibt und nur selten über die Basis der Krone herabreicht. Da ferner die Tragweite des Wurzeldruckes unbedeutend ist, so bleibt der mittlere Teil des Stammes sowohl der Saugung von oben als auch dem Druck von unten entzogen.

Schwendeners Überlegungen gründen sich auf Mittelwerte für die Länge der Gasblasen und Wassersäulen. Mit diesen Größen operiert er in seinen Berechnungen, ohne eine genauere Auskunft über die Verteilung des Gases in dem Holzkörper zu geben. Bei seinen Untersuchungen an Pinus silvestris, Fagus silvatica, Quercus Robur, Alnus glutinosa, Betula alba und Salix spec. vermochte er im Holze immer Gasblasen zu konstatieren, doch wurde, wie schon erwähnt, nicht ermittelt, wie dieses Gas in verschiedenen Jahresringen, Baumhöhen und zu verschiedener Zeit verteilt ist. Deswegen lassen sich die Berechnungen des Widerstandes, welchen die Jamin'schen Ketten bei dem Wassertransport darbieten, nur dort verwerten, wo die von Schwendener angenommenen Kettengliederlängen vorhanden sind (10. p. 567). Wie aus den Untersuchungen Strasburgers hervorgeht, sind dieselben nicht überall gleich; die leitenden, d. h. die jüngsten Holzelemente sollen nach ihm nur äußerst wenig Gas führen (7. p. 688), d. h. ihr Inneres soll aus fast kontinuierlichen Wasserfäden bestehen.

Bezüglich des Inhaltes der Gefäße und Tracheiden des Holzkörpers bemerkt Schwendener (11. p. 68) — « daß dieselben, abgesehen von der Periode größter Saftfülle, neben Wasser auch Luft führen ». Sollte man hieraus den Schluß ziehen wollen, daß zur Zeit der Periode größter Saftfülle in den Gefäßen und Tracheiden kein Gas vorhanden sei, so würde eine solche Vermutung mit meinen Beobachtungen im Widerspruch stehen. Denn bei meinen Versuchen an Birke und Buche zur Zeit stärkster Saftfülle habe ich in den Leitungsbahnen immer Gasblasen und sogar in großen Mengen beobachten können.

Ganz vereinzelt steht die Ansicht von M. Scheit (13), « daß die wasserleitenden Organe entweder Wasser oder Wasserdampf, nicht aber Luft führen ». Diese unhaltbare Behauptung wurde schon von Emil Godlewski (14. p. 628 u. 629) widerlegt.

Aus diesem kurzen Überblick geht hervor, daß der Gasgehalt der Leitungsbahnen lebender Bäume noch nicht genügend bekannt ist. Die vorliegenden Untersuchungen verfolgen den Zweck, diese Lücke für Fagus silvatica und Picea excelsa einigermaßen auszufüllen.

Versuchsmethode.

Im Januar 1909 begann ich im botanischen Institute der Universität Freiburg (Schweiz) Untersuchungen über die Verteilung der Gasblasen in den Leitungsbahnen des Holzes von Fagus silvatica und Picea excelsa.

Ich sollte hiebei auf folgende 6 Punkte mein Augenmerk richten :

Verteilung der Gasblasen:

1. in verschiedenen Baumhöhen;
2. in verschiedenen Jahresringen;
3. im Früh- und Spätholz;
4. zu verschiedenen Tageszeiten;
5. bei verschiedenen Transpirationsbedingungen;
6. zu verschiedenen Jahreszeiten.

Zur weiteren Orientierung mag gleich hier hinzugefügt werden, daß das Jahr 1909 sehr reich an atmosphärischen Niederschlägen war.

Bei meinen Versuchen bediente ich mich des Preßler'schen Zuwachsbohrers und des von Schwendener (11. p. 73) beschriebenen Apparates, der vorteilhafter als die Doppelschere das Ausschneiden von Aststücken unter Wasser vorzunehmen erlaubt.

Es wurden Wurzeln, Stämme, Äste, Blätter resp. Nadeln von Fagus silvica und Picea excelsa untersucht, indem ich sowohl Zapfen aus den Stämmen wie Ausschnitte aus den Ästen bei Luftabschluß unter gestandenem Wasser entnommen habe.

Um den Zapfen aus dem Stamm herauszubohren, schraubte ich den Zuwachsbohrer in die Rinde des Baumes und füllte ihn sofort mit gestandenem Wasser. Erst jetzt wurde das weitere Einbohren in den Holzkörper vorgenommen. Nachdem der Bohrer mit dem Zapfen aus dem Bohrloch herausgezogen war, tauchte ich ihn in Wasser, um darin den Zapfen aus dem Röhrchen des Bohrers herauszustoßen.

So verfahrend suchte ich das Eindringen von Luft in die Gefäße und Tracheiden des Zapfens nach Möglichkeit zu vermeiden.

Bei der Untersuchung feinerer Wurzeln habe ich ganz junge Bäumchen aus der Erde ausgegraben, in

gestandenes Wasser eingestellt und in das Laboratorium gebracht. Mit den Ästen verfuhr ich in ähnlicher Weise, indem ich nach dem Abschneiden die Schnittfläche sofort unter gestandenes Wasser brachte.

Als Isolierungsmittel für den Lufteintritt in die Leitungsbahnen der zu untersuchenden Objekte wählte ich gestandenes Wasser, das, wie ich mich durch Versuche überzeugte, die Gasblasen der Gefäße und Tracheiden innerhalb der Versuchszeit weniger verändert als gekochtes. Das Wasser stand vor dem Gebrauch wenigstens 24 Stunden in einem breiten und offenen Gefäß. Es ergab sich, daß dieses Wasser innerhalb von ca. 15 Minuten, die ich brauchte, um aus frisch bereiteten mikroskopischen Präparaten die mir nötigen Zeichnungen zu machen, die Gasblasen der Gefäße und Tracheiden in bestimmter Weise veränderte.

Die Gasblasen im Buchenholze verminderten nach 15 Minuten ihr Volumen im Durchschnitt um 7,5 %, wobei einige Blasen unverändert blieben, während andere ihr Volumen um 35 % reduzierten. Die Gasblasen im Fichtenholz verkleinerten sich innerhalb derselben Zeit durchschnittlich um 17 %. Die Gasvolumenverminderung schwankte zwischen 0 und 30%. Diese Zahlen stellen Mittelwerte dar, in dem ersteren Falle aus 100, in dem zweiten aus 111 Beobachtungen. Dementsprechend sind meine Angaben über den Gasgehalt immer kleiner als es der Wirklichkeit entspricht und die Methode ist daher in erster Linie nur zur Ermittlung relativer Werte geeignet.

Das Untersuchungsmaterial fand ich im Freiburger Staatswald, wo mir die erforderlichen Versuchsbäume zur Verfügung gestellt waren. Der Wald befindet sich nur wenige Schriste vom botanischen Institute entfernt, was mir die Möglichkeit gab, jedes Versuchsobjekt

sofort in das Laboratorium zu bringen und mikroskopisch zu untersuchen.

Hiezu benutzte ich nur Radialschnitte, die ich unter gestandenem Wasser ausführte und zwar der ganzen Länge des Zapfens resp. Astausschnittes nach; die betreffenden Schnitte wurden dann auf den Objektträger gebracht, wo dasselbe Wasser als Einschlußmedium diente. Die Gasblasen, die sich in der mittleren Partie des Schnittes befanden, zeichnete ich auf eine Papierfläche von bestimmter Größe (1,250,000 μ^2 oder 500 Quadrateinheiten meiner Skala) mit dem Nachetapparat ein. Ich bediente mich eines Zeiß'schen Mikroskops und benützte namentlich Objektiv A und Okula III. Der Bequemlichkeit halber konstruierte ich eine eigene Skala, in der ein Teilstrich 50 μ umfaßte; alle in dieser Arbeit befindlichen Angaben über Längen und Volumina von Gasblasen sind in Einheiten dieser Skala ausgedrückt. Auf meinen Zeichnungsblättern grenzte ich eine Fläche von 500 Quadrateinheiten meiner Skala ab und zwar betrug die Länge jeweils 25 und die Breite 20 Einheiten.

Wo, wie z. B. bei jungen Ästen oder feinen Wurzeln, nicht alle Jahresringe eine Breite von 20 Einheiten besaßen, rechnete ich den Gasgehalt auf die angegebene Zeichnungsfläche um. Sowohl bei den Stammzapfen wie auch bei den Wurzel- und Astausschnitten zeichnete ich einen Jahresring nach dem andern, indem ich, auf der Seite der Rinde beginnend, die aufeinanderfolgenden Ringe mit I, II, III u. s. w. benannte.

Um das Volumen der Gasblasen zu berechnen, betrachtete ich die Gassäulen als Zylinder mit kreisförmigem Querschnitt, deren Durchmesser gleich der Gefäß- resp. Tracheidenbreite und deren Höhe die Gesamtlänge der eingezeichneten Blasen war. Die

Ausrechnung geschah nach der Formel $h \pi r^2$ (h = Gesamtlänge der auf 500 Quadrateinheiten befindlichen Gasblasen, r = mittlerer Radius).

Breitere Jahresringe der Stämme, dickerer Äste und Wurzeln erlaubten mir auch, die Verhältnisse zwischen dem Gasgehalt des Früh- und Spätholzes zu bestimmen.

Die in der vorliegenden Arbeit angeführten Daten sind nicht als Resultate einzelner Messungen zu betrachten. Bei jedem zu untersuchenden Objekte habe ich immer mehrere Zeichnungen aus verschiedenen Schnitten gemacht und erst die daraus erhaltenen Mittelwerte aus 3 bis 10 Messungen angeführt. Ferner suchte ich immer meine Beobachtungen durch mehrmaliges Wiederholen des Versuches zu bestätigen. Wo dies nicht der Fall war, wird speziell darauf aufmerksam gemacht.

Um sicher zu sein, daß der Faktor, dessen Einfluß auf den Gasgehalt ich prüfen wollte, zweifellos bei dem entsprechenden Versuche zur Geltung kam, wählte ich so gut als möglich alle anderen Versuchsbedingungen konstant. Als ich z. B. den Einfluß der Transpiration auf den Gasblasengehalt der Gefäße und Tracheiden untersuchte, nahm ich die Äste immer von ca. gleich alten Bäumen und wählte sie so aus, daß überall die Höhe vom Boden bis zur Ansatzstelle am Baume, sowie Beblätterung, Dicke und Länge ungefähr dieselben waren. Verschieden verhielten sich nur die Insolations-, Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse.

Die Schnitte wurden auch selbstverständlich in analogen Entfernungen von dem Stamm ev. von einander ausgeführt.

Im Anschluß sind noch einige Anästhesierungs- und Abtötungsversuche angegeben, sowie Untersuchungen an Zwergbäumchen von Picea excelsa im Gebiete des Vanil Noir ca. 2000 m ü. M.

I. Verteilung der Gasblasen in verschiedenen Baumhöhen.

Um die Verteilung der Gasblasen in verschiedenen Baumhöhen festzustellen, wählte ich Versuchsobjekte, deren äußere Bedingungen möglichst gleich waren.

Fagus silvatica.

Am 11. V. um 3 Uhr 15 wurden bei dauernd schönem Wetter zwei Bohrungen an einem Buchenstamme vorgenommen, die erste in einer Höhe von 3,50 m über dem Boden, die zweite an der Basis des Stammes. Am 21. V., um 3 Uhr 40 bei dauernd schönem Wetter, wurde eine weitere Bohrung in 1 m Höhe ausgeführt.

(Siehe Tabelle 1, Seite 26).

Die durch römische Ziffern angegebenen Kolonnen bezeichnen die Jahresringe. Kolonne I bezieht sich auf den jüngsten Jahresring, Kolonne II auf den, von der Rinde ab gerechnet, zweiten Jahresring u. s. w.

Bei den Tageszeitangaben sind die Minuten rechts oben mit kleinerer Schrift vermerkt. Von 6^{00} Uhr morgens bis 5^{59} Uhr abends werden die Minuten nicht unterstrichen, von $6^{\underline{00}}$ Uhr abends bis $5^{\underline{59}}$ Uhr morgens befindet sich unter der Minutenziffer ein Strich. Die Temperatur der Luft ist in Graden nach Celsius angegeben, der Gasgehalt in verschiedenen Jahresringen in Kubikeinheiten meiner Skala pro 500 Flächeneinheiten des Schnittes. Jede Bestimmung des Gasgehaltes stellt einen Mittelwert von sechs Beobachtungen dar.

Eine regelmäßige Beziehung zwischen dem Gasgehalt und der Baumhöhe ist aus Tabelle 1 nicht zu erkennen.

Am 25. V., um 8 Uhr 30, entnahm ich bei dauernd

Tabelle 1.

Höhe der Bohrungsstelle in m.	Datum	Temperatur	Dicke des Baumes an der Bohrungsstelle in cm.	I	II	III	IV	V	VI	VII
3.50	11. V.	18°	20	25.43	24.08	22.47	32.66	22.56	21.59	16.68
1.00	21. V.	18°	20	12.41	18.01	27.86	34.72	30.86	31.04	37.22
0	11. V.	18°	23	18.61	31.67	18.60	28.21	20.45	34.07	26.52

Tabelle 2.

	Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke des Gewächses an der Bohrungsstelle in cm.	Temperatur der Luft	I	II	III	IV	V	VI
Stamm . .	1.00	18	22°	14.51	15.98	11.18	13.70	14.03	15.81
Wurzel . .	— 0.50	10	22°	9.94	19.03	17.63	12.87	22.54	24.71

schönem Wetter Proben aus einer Wurzel 0,5 m tief in der Erde und aus dem Stamm desselben Baumes 1 m über dem Boden.

(Siehe Tabelle 2, Seite 26).

Aus den Zahlenangaben, die jeweils Mittelwerte aus 6 Messungen darstellen, ersieht man, daß die Luftmengen entsprechender Jahresringe der Wurzel und des Stammes zu einander nicht in demselben Verhältnis stehen. In den Ringen I und IV ist der Gasgehalt im Stamme und in den Ringen II, III, V, VI in der Wurzel größer.

Am 8. X. und 9. X., um 10^{00} Uhr, habe ich bei feuchtem und regnerischem Wetter zwei Bohrungen an einem Buchenstamme in 0 und 1 m Höhe vorgenommen.

Tabelle 3.

Höhe der Bohrungsstelle in m.	Datum	Dicke des Gewächses an der Bohrungsstelle in cm.	Temperatur der Luft	I	II	III	IV
0	8. X.	25	13°	44.67	66.22	32.11	49.40
1.00	9. X.	18	11°	40.39	44.63	52.03	48.08

Am 4. I. 1910, um 3 Uhr, wurden bei schönem und ruhigem Wetter zwei Proben aus demselben Buchenstamme in 0 und 1 m Höhe entnommen.

Tabelle 4.

Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke des Baumes an der Bohrungsstelle in cm.	Temperatur der Luft	I	II	III	IV	V
0	18	2°	37.09	44.89	63.25	84.08	66.99
1.00	16	2°	26.51	36.96	38.25	42.76	50.38

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß die Leitungsbahnen an der Basis des Baumes diesmal bedeutend gasreicher waren als 1 m höher.

Dieselbe Beobachtung konnte ich am nächsten Tag, d. h. am 5. I., um 9 Uhr 30, bei nebeligem Wetter an einem anderen Buchenstamme machen.

Tabelle 5.

Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke des Baumes an der Bohrungsstelle in cm.	Temperatur der Luft	I	II	III	IV	V
0	18	−2°	72.85	82.14	80.60	99.10	66.42
1.00	16	−2°	38.61	60.72	75.53	64.42	72.02

Die Zahlenangaben sind, gleich wie in den zwei oberen Tabellen, Mittelwerte aus je sechs Messungen.

Am 19. IV., um 9 Uhr 10, untersuchte ich bei schönem Wetter den Gasblasengehalt verschieden hoch inserierter Buchenäste. Die Angaben sind Mittelwerte aus je drei Messungen.

Tabelle 6.

Höhe der Bohrungsstelle in m.	Länge des Astes in cm.	Dicke des Astes an der Untersuchungsstelle in mm.	I	II	III	IV	V
5.25	100+170	9.90	9.20	20.57	22.47	36.19	29.04
2.75	100+120	7.80	12.07	16.14	29.42	39.27	25.13
5.25	150+120	7.60	19.35	24.20	19.80	—	—
2.75	150+ 70	6.00	17.92	16.07	13.52	—	—

Aus den vorliegenden Zahlen kann auf eine Abhängigkeit des Gasblasengehaltes der Leitungsbahnen von der Höhe des Astes nicht geschlossen werden.

In der Kolonne, welche die Länge der Äste angibt, bedeutet das links stehende Glied der Summe die Länge des basalen und das zweite Glied des apikalen Teiles des Astes. Diesen Schreibmodus behalte ich in allen Tabellen, wo die Astlängen angegeben werden, bei.

Die Resultate der am 15. V. und am 24. V. bei dauernd schönem Wetter ausgeführten Untersuchungen an verschieden hoch inserierten Buchenästen sind in Tabelle 7 zusammengestellt. (Beide Äste waren kurz vor dem Versuche insoliert.)

(Siehe Tabelle 7, Seite 30).

Die Angaben der Gasvolumina sind Mittelwerte aus je fünf Messungen.

In der Kolonne, welche die Stärke der Beblätterung angibt, zeigt das erste Glied der Summe die Stärke der Beblätterung des basalen und das zweite des apikalen Teiles an.

Die Leitungsbahnen der höher stehenden Proben

Tabelle 7.

Höhe der Insertion in m.	Datum	Tageszeit	Temperatur der Luft	Länge des Astes in cm.	Stärke der Beblätterung	Dicke des Astes an der Schnittstelle in mm.	I	II	III	IV
1.35	15. V.	2^{00}	26°	50+85	100+190	5.80	9.21	12.70	11.06	16.49
2.00	24. V.	2^{30}	34°	50+100	185+285	8.10	4.27	6.24	4.97	5.69
1.35	15. V.	2^{00}	26°	75+60	195+95	4.20	5.65	5.10	13.43	—
2.00	24. V.	2^{30}	34°	75+75	320+150	5.70	4.40	4.95	6.51	—

sind hier weniger gashaltig; man muß aber berücksichtigen, daß der höher gestellte Ast vor der Untersuchung in höherer Temperatur sich befand und stärker beblättert war, was auf den Gasgehalt der Leitungsbahnen von Einfluß sein konnte.

Ganz andere Verhältnisse zwischen dem Gasgehalt der Leitungsbahnen verschieden hoch gestellter Äste ergaben sich aus den Versuchen vom 12. X. und 14. X., die bei regnerischem und nebeligem Wetter in den Morgenstunden vorgenommen wurden.

Tabelle 8.

Höhe der Bohrungsstelle in m.	Datum	Tageszeit	Länge des Astes in cm.	Stärke der Beblätterung	Dicke des Astes in mm.	I	II	III
1.20	12. X.	9^{30}	50+50	100+80	4.20	4.69	6.02	5.76
2.00	14. X.	10^{00}	50+70	150+130	5.50	3.73	12.71	12.16
1.20	12. X.	9^{30}	75+25	120+60	2.90	3.27	3.88	—
2.00	14. X.	10^{00}	75+45	210+70	3.40	10.91	10.47	—

Aus den angeführten Angaben ist ein regelmäßiger Einfluß der Höhe auf den Gasgehalt nicht zu erkennen.

Zu einem ähnlichen Resultat gelangen wir, wenn wir die mittlere Länge der in verschiedenen Höhen gefundenen Gasblasen mit einander vergleichen. Die am 11. V. an der Basis des Buchenstammes entnommene Probe ergab als Mittelwert von 204 Messungen 6.65 Lineareinheiten meiner Skala (332 μ) für die Gasblasenlänge; ceteris paribus fand ich in einer Probe, die in einer Höhe von 3,50 m über dem Boden entnommen wurde, die mittlere Länge für die Gasblasen aus 249 Messungen zu 7.73 Lineareinheiten meiner Skala (386 μ). Die höher entnommene Probe besaß

also einen größeren Wert für die mittlere Länge der Gasblasen.

Ein anderes Resultat haben die Untersuchungen vom 19. IV. geliefert. Ein um 9 Uhr 10 geschnittener, 2.75 m hoch inserierter Ast besaß Gasblasen von einer Länge von 7.04 Lineareinheiten als Mittelwert aus 228 Messungen und, ceteris paribus, ein 5.25 m hoch inserierter Ast, nur eine mittlere Länge von 5.94 Lineareinheiten als Mittelwert aus 262 Messungen.

Picea excelsa.

Am 8. V., um 4 Uhr 15, bohrte ich bei schönem Wetter aus einem Fichtenstamme in verschiedenen Höhen zwei Zapfen heraus. Der Stamm war insoliert; die Lufttemperatur betrug zur Zeit des Versuches 14° C.

Tabelle 9.

Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke des Stammes an der Bohrungsstelle in cm.	I	II	III	IV	V
0	18	1.12	2.22	2.40	1.68	2.72
3.50	16	3.08	2.32	1.54	4.13	4.21

Die Zahlenangaben sind Mittelwerte aus je sechs Messungen; sie zeigen, daß die höher gestellte Probe im allgemeinen mehr Gas in ihren Leitungsbahnen enthielt.

Ein analoges Resultat bekam ich bei Versuchen vom 10. V., um 2 Uhr 30, bei schönem Wetter nach vorhergehendem Regen. Die zu untersuchenden Zapfen wurden in verschiedenen Höhen dem im Schatten stehenden Fichtenstamm entnommen.

Tabelle 10.

Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke des Baumes an der Bohrungsstelle in cm.	I	II	III	IV	V	VI	VII
0	20	2.10	2.32	1.57	2.78	1.19	2.83	2.28
3.50	18	3.83	4.30	4.30	3.97	2.31	2.37	3.25

Die Zahlenangaben sind aus je 6 Messungen gewonnen worden.

Am 26. V., um 2 Uhr 30, untersuchte ich nach Regen die Wurzel und den Stamm einer anderen Fichte. Die Lufttemperatur betrug 14° C.

Tabelle 11.

	Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke des Gewächses an der Bohrungsstelle in cm.	I	II	III	IV	V	VI
Wurzel	–0.50	4	4.04	6.39	7.49	6.30	8.64	7.08
Stamm	1.00	15	5.74	6.09	6.85	4.53	6.24	—

Die Zahlen sind Mittelwerte aus je 6 Messungen. Der Gasgehalt der Wurzelprobe ist hier im Allgemeinen etwas größer als derjenige der Stammprobe.

Während also in den Tabellen 9 und 10 die an höheren Stellen entnommenen Proben im Allgemeinen mehr Gas enthielten, ist in Tabelle 11 das Umgekehrte der Fall.

Noch eine andere Gasverteilung konnte ich am 5. X. und 6. X. beobachten.

Die Versuche wurden bei windigem und feuchtem

Wetter um 10 Uhr vorgenommen. Die Lufttemperatur betrug 13 C.

Tabelle 12.

Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke des Stammes an der Bohrungsstelle in cm.	I	II	III	IV	V
0	12	13.63	12.62	5.98	4.19	7.31
1.00	11	13.39	13.19	2.87	4.65	4.54

Diesmal ist eine bestimmte Beziehung zwischen dem Gasgehalt verschieden hoch entnommener Proben überhaupt nicht zu erkennen. Die Zahlenangaben der Tabelle 12 sind Mittelwerte aus je 6 Beobachtungen.

Am 22. IV., um 11 Uhr 15, schnitt ich bei schönem Wetter an demselben Baume zwei Äste in verschiedenen Höhen ab. Die Lufttemperatur betrug 24° C. Beide Äste wurden an Stellen untersucht, die 50 cm von dem Stamm entfernt waren.

Tabelle 13.

Höhe der Bohrungsstelle in m.	Länge des Astes in cm.	Stärke der Benadelung	I	II	III	IV
2.50	50+65	8700+3700	0.35	0.55	2.04	3.58
4.00	50+70	13600+4600	0.51	1.28	3.33	4.32

Die Zahlenangaben sind aus je 5 Messungen ermittelt worden. Die Leitungsbahnen des höher gestellten Astes führen hier etwas mehr Gasblasen.

Ein am 23. IV., um 9 Uhr, ausgeführter Versuch mit verschieden hoch inserierten Fichtenästen desselben

Baumes zeigte ein anderes Resultat. An diesem Tage war der Himmel bewölkt und die Luft bewegt. Die Lufttemperatur betrug 14° C.

Tabelle 14.

Höhe der Bohrungsstelle in m.	Stärke der Benadelung	Dicke des Astes an der Schnittstelle in mm.	Länge des Astes in cm.	I	II	III	IV
2.00	8000+5700	5.10	75+80	0.98	2.45	2.78	—
6.00	9700+7300	6.16	75+80	0.38	1.88	4.17	6.17

Der Gasgehalt wurde als Mittelwert aus je 5 Messungen berechnet. Die zwei ersten Ringe des in geringerer Höhe sich befindenden Astes enthielten mehr Gas als die des höheren.

Aus den angeführten Untersuchungen an Stämmen und Ästen von Picea excelsa ergibt sich derselbe Schluß wie bei Fagus silvatica. Ein bestimmtes Verhältnis zwischen Gasgehalt und Höhe der untersuchten Holzprobe ist bei meinen Versuchen, die sich allerdings nur bis zu ganz bescheidenen Höhen erstrecken, nicht zu konstatieren.

Aus Hartigs Versuchen folgt dasselbe, wenn wir in seinen Tabellen nur die bei meinen Beobachtungen vorkommenden Höhen berücksichtigen.

II. Verteilung der Gasblasen in verschiedenen Jahresringen.

Meine Beobachtungen, die ich über die Verteilung der Gasblasen in verschiedenen Jahresringen machte, sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

Versuche mit Aesten von Fagus silvatica.

(Siehe Tabelle 15, Seite 38 und 39).

Die Angaben für die Gasvolumina sind Mittelwerte aus 3 bis 5 Messungen.

Aus obiger Tabelle ist zu ersehen, daß in Buchenästen der Gasgehalt in verschiedenen Jahresringen im Allgemeinen von außen nach innen zunimmt, doch gibt es von dieser Regel mehrfache Ausnahmen. In dem ersten Ringe ließen sich bei den geschilderten Versuchen immer Gasblasen konstatieren, manchmal war der Gasgehalt sogar größer als in den nächstfolgenden inneren Jahresringen.

Tabelle 15.

Datum des Versuches	Tageszeit	Höhe der Schnittstelle in m.	Stärke der Beblätterung	Länge des Astes im cm.	Dicke des Astes an der Schnittstelle in mm.	Stellung des Astes
31. III.	2^{00}	5.00	unbebl.	100+100	13.15	in der S
31. III.	2^{00}	5.50	unbebl.	150+50	9.50	in der Sc
19. IV.	9^{10}	5.25	unbebl.	100+170	9.90	im Schat
19. IV.	9^{10}	5.25	unbebl.	150+120	7.60	im Schat
19. IV.	9^{10}	2.75	unbebl.	100+120	7.80	im Schat
19. IV.	9^{10}	2.75	unbebl.	150+70	6.00	im Schat
6. V.	10^{15}	2.50	40+160	25+155	—	im Schat
6. V.	10^{15}	2.50	50+150	35+145	—	im Schat
11. V.	9^{15}	3.50	80+305	100+150	9.50	in der Sc
11. V.	9^{15}	3.50	202+183	150+100	6.70	in der Sc
13. V.	2^{00}	2.50	107+190	130+100	6.40	im Schat
13. V.	2^{00}	2.50	79+218	100+130	7.50	im Schat
14. V.	8^{20}	2.50	280+190	125+75	6.70	im Schat
14. V.	8^{20}	2.50	200+270	100+100	7.80	im Schat
15. V.	2^{00}	1.35	100+190	50+85	5.80	in der Sc
15. V.	2^{00}	1.35	185+95	75+60	4.20	in der Sc
16. V.	2^{00}	1.50	380+240	50+85	7.20	Nacht
16. V.	2^{00}	1.50	490+130	75+60	5.40	Nacht
16. V.	10^{00}	1.30	230+300	50+100	6.10	Nacht
22. V.	2^{15}	1.40	215+270	50+110	7.70	in der Sc
17. V.	3^{00}	1.75	110+170	50+100	6.20	im Schat
17. V.	3^{00}	1.75	160+120	75+75	5.40	im Schat
18. V.	9^{45}	1.75	90+130	50+80	5.00	im Schat
18. V.	9^{45}	1.75	150+70	75+55	3.80	im Schat
24. V.	2^{30}	1.75	185+285	50+100	8.10	in der Sc
24. V.	2^{30}	1.75	320+150	75+75	5.70	in der Sc
24. V.	2^{30}	2.00	110+260	50+100	6.90	im Schat
24. V.	2^{30}	2.00	220+150	75+75	5.60	im Schat
11. VI.	10^{00}	1.80	140+120	50+75	5.80	im Schat
11. VI.	10^{00}	1.80	190+70	75+50	4.00	im Schat
11. VI.	2^{30}	1.80	50+250	50+90	6.80	im Schat
11. VI.	2^{30}	1.80	200+100	75+65	4.40	im Schat
11. VI.	2^{30}	1.80	225+75	100+40	3.00	im Schat
12. VI.	2^{30}	1.80	90+150	50+100	6.80	im Schat
14. VI.	2^{30}	1.80	90+170	50+100	7.20	im Schat
12. X.	9^{30}	1.20	100+80	50+50	4.20	im Schat
12. X.	9^{30}	1.20	120+60	75+25	2.90	im Schat
12. X.	3^{00}	2.00	100+80	50+50	4.90	in der Sc
12. X.	3^{00}	2.00	120+60	75+25	2.60	in der Sc
12. X.	3^{00}	2.00	100+80	50+50	4.30	i. Halbsc
12. X.	3^{00}	2.00	120+60	75+25	2.70	i. Halbsc

Tabelle 15.

tter zur Zeit s Versuches	Temperatur	I	II	III	IV	V	VI
d, schön .	10°	16.67	45.37	43.66	33.78	—	—
d, schön .	10°	8.62	47.03	24.86	—	—	—
ön	12°	9.20	20.57	22.47	36.19	29.04	—
ön	12°	19.35	24.20	19.80	—	—	—
ön	12°	12.07	16.14	29.42	29.24	25.13	—
ön	12°	17.92	16.07	13.52	—	—	—
d, bedeckt		11.05	9.95	10.96	13.75	13.36	—
d, bedeckt	—	8.82	11.77	10.84	—	—	—
ön	16°	2.82	5.17	8.40	9.95	—	—
ön	16°	3.18	4.99	5.32	—	—	—
eckt . . .	17°	3.30	8.41	6.52	—	—	—
eckt . . .	17°	2.07	4.54	5.54	11.88	—	—
eckt . . .	14°	4.68	12.24	13.82	18.41	—	—
eckt . . .	14°	4.84	13.34	14.76	16.40	—	—
en	26°	9.21	12.70	11.06	16.49	—	—
en	26°	5.65	5.10	13.43	—	—	—
en	10°	10.25	10.10	22.33	17.72	—	—
en	10°	12.09	9.12	22.39	—	—	—
d. Regens	16°	13.06	21.13	17.63	31.38	—	—
ernd schön	28°	10.57	9.74	9.61	13.71	—	—
t, feucht u. d. R.	17°	6.26	2.67	10.93	17.70	—	—
t nach d. Regen	17°	6.61	7.38	15.74	—	—	—
t nach d. Regen	17°	4.09	10.61	12.58	—	—	—
t nach d. Regen	17°	9.02	13.13	17.62	—	—	—
ernd schön	34°	4.27	6.24	4.97	5.69	5.32	7.71
ernd schön	34°	4.40	4.95	6.51	5.11	—	—
ernd schön	28°	6.39	6.27	7.17	8.65	8.39	10.79
ernd schön	28°	4.02	6.41	8.25	10.35	—	—
em Regen	15°	6.81	8.35	9.95	—	—	—
em Regen	15°	3.54	4.30	—	—	—	—
en	13°	5.81	6.48	8.54	—	—	—
en	13°	1.84	3.13	—	—	—	—
en	13°	1.37	2.56	—	—	—	—
rnd Regen	9°	4.97	5.50	5.59	9.44	—	—
n	17°	3.56	3.77	4.69	7.40	—	—
nt u. nebel.	5°	4.69	6.02	5.76	—	—	—
nt u. nebel.	5°	3.27	3.88	—	—	—	—
r.d.Vers.beleucht.	16°	4.92	5.61	9.71	—	—	—
r.d.Vers.beleucht.	16°	2.88	2.21	—	—	—	—
nt	14°	3.25	4.46	10.63	—	—	—
nt	14°	3.20	6.66	—	—	—	—

Versuche mit Stämmen von Fagus silvatica.

(Siehe Tabelle 16, Seite 41).

Die Zahlenangaben sind Mittelwerte aus 4 bis 10 Messungen.

Für die Gasverteilung in den verschiedenen Jahresringen des Buchenstammes gilt annähernd auch das für Buchenäste mitgeteilte. In dem jüngsten Jahresringe wurde immer Gas wahrgenommen, gelegentlich sogar mehr als in den späteren Jahresringen.

Versuche mit Wurzeln von Fagus silvatica.

(Siehe Tabelle 17, Seite 42).

Die Angaben sind Mittelwerte aus je 6 Messungen.

Am 3. V. und 4. V. untersuchte ich feinere Wurzeln der Buche. Zur Zeit des Versuches war es feucht und bedeckt ; die Lufttemperatur schwankte zwischen 18° und 15° C. Die Bodentemperatur betrug 12,5°-14° C.

Tabelle 18.

Tageszeit	Dicke der Wurzel in mm.	I	II	III	IV
10 15	0.85	0.56	—	—	—
2 30	0.80	1.45	—	—	—
9 30	1.90	2.35	—	—	—
9 30	2.00	2.55	3.50	—	—
9 30	2.50	3.60	4.70	—	—
9 30	5.40	6.93	11.38	12.57	—
9 30	8.70	7.09	18.10	15.13	25.32

Am 15. und 19. X., um 10 Uhr, bei 12° C vorgenommene Untersuchungen ergaben folgende Resultate :

Tabelle 16.

Datum des Versuches	Tageszeit	Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke des Stammes an der Bohr. St. in cm.	Wetter zur Zeit des Versuches	Temperatur °C	I	II	III	IV	V	VI	VII
20. III.	9^{30}	1.50	15	schön	3°	34.29	30.21	37.02	45.48	—	—	—
24. III.	9^{25}	2.00	24	Wind, bedeckt .	2°	22.81	41.12	51.41	33.45	—	—	—
5. IV.	4^{15}	2.50	20	**schön,** v. d. Vers. Wind	10°	27.28	46.45	49.50	32.66	—	—	—
Knospen												
17. IV.	9^{15}	0.50	20	schön	16°	9.10	13.03	14.34	23.33	15.21	34.80	—
11. V.	3^{15}	3.50	20	schön	18°	25.43	24.08	22.47	23.66	22.56	21.59	16.68
11. V.	3^{15}	0	23	schön	18°	18.61	31.67	18.60	28.21	20.45	34.07	26.52
20. V.	$2^{\underline{00}}$	1.00	20	dauernd schön. .	14°	22.38	33.27	25.40	52.05	56.08	42.74	52.52
20. V.	$10^{\underline{00}}$	1.00	20	dauernd schön .	16°	12.58	22.21	20.64	35.24	27.22	43.77	37.56
21. V.	2^{30}	1.00	20	dauernd schön. .	18°	12.41	18.01	27.86	34.72	30.86	31.04	37.22
25. V.	8^{30}	1.00	18	dauernd schön. .	22°	14.51	15.98	11.18	13.70	14.03	15.81	—
8. X.	10^{00}	0	25	still, Regen . . .	13°	44.67	66.22	32.11	49.40	—	—	—
8. X.	3^{00}	0	25	Wind, Regen . .	15°	50.38	69.65	60.04	68.18	—	—	—
9. X.	10^{00}	1.00	18	Wind, schön . .	11°	40.39	44.63	52.03	48.08	—	—	—
26. X.	10^{00}	1.00	8	feucht, bedeckt . .	3.5°	52.08	42.71	32.65	27.43	—	—	—
4. I.	3^{00}	1.00	16	schön, ruhig . .	2°	26.51	36.96	38.25	42.76	50.38	—	—
4. I.	3^{00}	0	18	schön, ruhig . .	2°	37.09	44.89	63.25	84.08	66.99	—	—
5. I.	9^{30}	1.00	16	nebelig	−2°	38.61	60.72	75.53	64.42	72.02	—	—
5. I.	9^{30}	0	18	nebelig	−2°	72.85	82.14	80.60	99.10	66.42	—	—

Versuche mit Wurzeln von Fagus silvatica

Tabelle 17.

Datum des Versuches	Tageszeit	Lage der Bohrstelle unter der Erde in m.	Dicke der Wurzel an der Untersuchungsstelle in cm.	Wetter zur Zeit des Versuches	Temperatur der Luft	I	II	III	IV	V	VI
25. V.	8^{30}	–0.50	10	dauernd schön. .	22°	9.94	19.03	17.63	12.87	22.54	24.71
25. V.	2^{30}	–0.50	10	dauernd schön. .	26°	18.25	21.39	28.46	25.23	42.28	—
20. X.	9^{30}	–0.20	4	dauernd schön. .	9°	21.74	35.01	30.02	40.27	33.50	—

Tabelle 19.

Datum	Wetter	Dicke der Wurzel in mm.	Gasgehalt I
15. X.	nach d. Regen	0.30	3.98
15. X.	» »	0.80	4.99
15. X.	» »	1.30	4.11
15. X.	» »	2.40	6.79
15. X.	» »	3.90	9.43
15. X.	» »	6.60	7.51
19. X.	schön	0.85	3.15
19. X.	»	1.30	6.27
19. X.	»	1.80	9.48
19. X.	»	2.60	10.53
19. X.	»	3.30	11.45

Aus den letzten zwei Tabellen ersieht man, daß auch die feineren Wurzeln in dem Lumen ihrer Leitungsbahnen Gas führen.

Die Gasverteilung in verschiedenen Jahresringen führt, nach Tabelle 17, zu demselben Schlusse wie bei den Ästen und Stämmen von Fagus.

Versuche mit Aesten von Picea excelsa.

(Siehe Tabelle 20, Seite 44 und 45).

Die angegebenen Gasvolumina sind Mittelwerte aus 3 bis 5 Messungen.

Tabelle 20 erlaubt den Schluß, daß bei den von mir untersuchten Ästen von Picea excelsa die jüngeren Jahresringe im Allgemeinen viel weniger gashaltig sind als die mehr nach innen gelegenen, doch können sie in gewissen Fällen auch ebensoviel oder sogar noch mehr Gas enthalten als die nachfolgenden.

Tabelle 20.

Datum des Versuches	Tageszeit	Höhe der Schnittstelle in m.	Länge des Astes in cm.	Stärke der Benadelung	Dicke des Astes in mm.
29. III.	2 00	2.30	55+70	8800+6800	8.25
29. III.	2 00	2.30	30+105	4100+11500	10.20
17. IV.	11 00	3.30	50+100	14200+19100	9.65
17. IV.	11 00	3.30	100+50	29500+3800	5.65
17. IV.	11 00	3.10	50+90	8260+15600	9.25
17. IV.	11 00	3.10	100+40	21220+2640	5.10
21. IV.	11 30	2.70	50+80	7000+10700	7.70
21. IV.	11 30	2.90	50+70	8100+10800	7.68
22. IV.	11 15	2.50	50+65	8700+3700	5.46
22. IV.	11 15	4.00	50+70	13600+4600	6.16
23. IV.	9 00	6.00	75+80	9700+7300	5.26
23. IV.	9 00	2.00	75+80	8000+5700	5.10
24. IV.	9 30	3.00	50+90	7500+10900	11.10
24. IV.	9 30	3.00	100+40	16100+2300	5.60
28. IV.	2 00	2.70	50+90	6800+9500	7.20
28. IV.	2 00	2.70	100+40	15000+1300	4.50
29. IV.	2 00	2.70	50+100	10200+8480	10.50
29. IV.	2 00	2.70	50+100	10300+9150	10.90
15. V.	2 00	2.00	50+90	3500+6000	10.50
15. V.	2 00	2.00	75+65	5500+4000	6.60
16. V.	2 00	2 00	50+90	4000+7500	10.10
16. V.	2 00	2.00	75+65	6500+5000	6.10
16. V.	10 00	2.00	50+100	3500+2600	6.20
24. V.	3 30	2.00	50+50	2200+3000	6.40
12. VI.	4 35	2.10	50+70	1800+2200	7.10
14. VI.	2 30	2.10	50+65	2000+2100	6.30
22. X.	3 00	2.00	50+80	3500+6000	6.60
22. X.	3 00	2.00	75+55	5500+4000	4.35
26. X.	2 30	2.00	50+60	4000+5000	5.70
26. X.	2 30	2.00	50+60	3000+4500	7.30
5. I.	3 00	2.00	50+70	4000+8000	
5. I.	3 00	2.00	75+45	7500+4500	
6. I.	10 00	2.00	50+70	3000+6000	
6. I.	10 00	2.00	75+45	4500+4500	

Tabelle 20.

Stellung	Wetter zur Zeit des Versuches	I	II	III	IV	V	VI
Schatten	bedeckt . .	0.93	1.24	1.64	2.23	4.02	—
Schatten	bedeckt . .	0.94	1.90	—	2.69	3.64	—
Schatten	schön . . .	0.45	0.84	3.04	5.51	10.45	17.87
Schatten	schön . . .	0.07	0.29	0.65	1.03	—	—
d. Sonne	schön . . .	0.17	0.42	0.62	1.83	6.67	7.22
d. Sonne	schön . . .	0.03	0.08	0.06	0.17	—	—
Schatten	schön . . .	0.97	1.27	2.63	1.70	3.13	—
d. Sonne	schön . . .	0.39	0.88	1.15	1.51	2.88	—
d. Sonne	schön . . .	0.35	0.55	2.04	3.58	—	—
d. Sonne	schön . . .	0.51	1.28	3.33	4.32	—	—
Schatten	bedeckt . .	0.38	1.88	4.17	6.17	—	—
Schatten	bedeckt . .	0.98	2.45	2.78	—	—	—
d. Sonne	schön . . .	0.24	1.94	3.11	3.81	—	—
d. Sonne	schön . . .	0.36	0.81	—	—	—	—
Schatten	dauernd Rg.	0.94	4.18	3.70	5.57	—	—
Schatten	dauernd Reg.	2.37	3.36	4.19	—	—	—
d. Sonne	schön, feucht	2.38	2.33	4.61	8.31	—	—
d. Sonne	schön, feucht	1.93	1.84	4.18	9.02	—	—
d. Sonne	schön . . .	6.96	5.80	2.41	3.85	—	—
d. Sonne	schön . . .	1.22	3.22	2.64	—	—	—
cht	schön . . .	6.56	7.08	13.31	7.38	—	—
cht	schön . . .	2.05	3.07	5.13	—	—	—
cht	Anf. d. Reg.	4.65	8.10	8.79	—	—	—
d. Sonne	and. schön .	0.85	2.95	5.10	8.67	—	—
Schatten	and. Regen	0.88	3.56	4.59	—	—	—
Schatten	schön, feucht	0.51	1.64	2.87	—	—	—
Schatten	feucht, bed.	1.58	2.31	3.57	2.95	—	—
Schatten	feucht, bed.	2.09	3.81	3.40	—	—	—
Schatten	schön . . .	1.72	4.99	5.33	—	—	—
d. Sonne	schön . . .	0.85	1.63	1.31	2.86	—	—
Schatten	nebelig . .	2.59	3.00	4.76	—	—	—
Schatten	nebelig . .	0.93	2.41	3.60	—	—	—
Schatten	nebelig . .	1.33	3.37	6.32	—	—	—
Schatten	nebelig . .	0.92	4.52	6.69	—	—	—

Versuche mit Stämmen von Picea excelsa.

(Siehe Tabelle 21, Seite 47).

Die Zahlen sind Mittelwerte aus je 6 bis 10 Messungen. Man ersieht aus obiger Tabelle, daß eine erhebliche Gasverminderung in den jüngeren Jahresringen nicht zu konstatieren ist ; in verschiedenen Versuchen weisen sie sogar bedeutend mehr Gas auf.

Am 31. V. und 1. VI. untersuchte ich Zwergbäumchen von Picea excelsa, im Gebiet des Vanil Noir, ca. 2000 m ü. M. Die Beobachtungen wurden an Ort und Stelle ausgeführt ; die Ergebnisse sind in Tabelle 22 zu finden.

(Siehe Tabelle 22, Seite 48).

Der Gasgehalt verschiedener Jahresringe ist also bei diesen Kümmerformen ähnlich wie bei normalen Stämmen.

Versuche mit Wurzeln von Picea excelsa.

Die Ergebnisse der Versuche mit Picea-Wurzeln sind in den Tabellen 23, 24 und 25 zusammengestellt.

(Siehe Tabelle 23, Seite 48).

Die Zahlenangaben für die Gasvolumina sind Mittelwerte aus je 6 bis 10 Messungen.

Am 8. VI. und 9. VI. untersuchte ich nach regnerischem Wetter feinere Wurzeln von Picea. Die Lufttemperatur betrug 16°, die Temperatur des Bodens schwankte zwischen 11° und 14° C.

Tabelle 21.

Datum des Versuches	Tageszeit	Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke des Stammes an der Bohrungsstelle in cm.	Wetter zur Zeit des Versuches	Temperatur	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
5. IV.	9^{15}	2.00	18	schön, vor d. Versuche Wind. . .	8°	11.50	6.89	12.20	8.62	—	—	—	—
8. V.	4^{15}	0	18	schön	14°	1.12	2.22	2.40	1.68	2.72	—	—	—
8. V.	4^{15}	3.50	16	schön	14°	3.08	2.32	1.54	4.13	4.21	—	—	—
10. V.	2^{30}	3.50	18	schön, nach Regen		3.83	4.30	4.30	3.97	2.31	2.37	3.35	—
10. V.	2^{30}	0	20	schön, nach Regen		2.10	2.32	1.57	2.78	1.19	2.83	2.28	—
20. V.	2^{00}	1.00	18	dauernd schön .	14°	3.54	2.56	2.93	3.19	4.07	3.26	5.49	5.07
20. V.	10^{00}	1.00	18	dauernd schön .	16°	12.27	7.12	4.09	3.90	4.12	4.58	3.83	—
21. V.	9^{15}	1.00	18	dauernd schön .	18°	5.06	2.24	2.60	2.30	3.94	3.75	3.81	—
26. V.	2^{30}	1.00	15	feucht, bedeckt .	14°	5.74	6.09	6.85	4.53	6.24	—	—	—
5. X.	3^{00}	0	12	Wind, feucht, bed.	16°	14.42	17.09	6.51	8.77	4.84	—	—	—
6. X.	10^{00}	0	12	schw. Wind, feucht bedeckt	13°	13.63	12.62	5.98	4.19	7.31	—	—	—
7. X.	10^{00}	1.00	11	schw. Wind, schön feucht	13°	13.39	13.19	2.87	4.68	4.54	—	—	—
7. X.	3^{00}	1.00	12	still, feucht, schön	16°	10.27	5.56	8.37	6.26	4.07	—	—	—

Tabelle 22.

	Tageszeit	Baumhöhe in cm.	Dicke an der Schnittstelle in cm.	Stärke der Benadelung	Höhe d. Probe in cm.	Temperatur	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
Stämme	3 00	50	5	—	15	18°	2.57	3.73	3.97	2.42	1.85	2.29	2.06	3.10	3.64	—	—	—	—	—	—
	11 30	150	15	—	25	26.5°	2.62	2.16	3.28	2.89	3.75	4.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	11 30	150	15	—	40	26.5°	1.25	4.39	5.25	4.39	5.74	4.63	7.88	1.58	4.44	4.35	—	—	—	—	—
Ast	5 00	50	5	0+800	8	20°	6.24	4.05	4.17	3.55	5.15	6.31	2.25	4.24	4.27	6.53	4.90	3.55	6.95	2.86	5.00

Tabelle 23.

Datum des Versuches	Tageszeit	Tiefe der Bohrungsstelle in m.	Dicke an der Bohrungsstelle in cm.	Wetter zur Zeit des Versuches	Temperatur	I	II	III	IV	V	VI
30. III.	2 30	–0.50	28	Regen	5°	8.64	8.25	6.34	7.61	13.20	—
26. V.	2 30	–0.50	4	nach d. Regen, bed.	14°	4.04	6.39	7.49	6.30	8.64	7.08
27. V.	9 30	–0.50	6	Regen	—	17.28	4.30	8.94	11.53	15.71	10.33
22. X.	10 00	–0.20	3	Regen	10°	3.57	4.63	3.65	—	—	—

Tabelle 24.

Tageszeit	Dicke der Wurzel in mm.	I
2 30	0.30	1.74
2 30	0.30	1.61
2 30	1.40	3.00

Tageszeit	Dicke der Wurzel in mm.	I	II	III	IV
2 30	2.40	3.39	—	—	—
9 20	2.80	1.39	2.52	3.15	—
9 20	4.85	1.72	9.38	11.44	—
3 30	6.00	1.73	3.31	7.40	13.80
3 30	7.80	2.52	8.54	8.75	12.28

Am 21. X. und 22. X. gelangten bei dauernd schönem Wetter feinere Wurzeln der Fichte zur Untersuchung.

Tabelle 25.

Tageszeit	Dicke der Wurzel in mm.	Temperatur	Gasgehalt I
10 00	1.20	9°	4.27
10 00	2.90	9°	5.08
10 00	4.00	9°	4.48
3 00	0.9	12°	1.99
3 00	1.50	12°	3.87
3 00	2.60	12°	6.77
3 00	3.50	12°	10.05

Es ist somit in den Wurzeln von Picea excelsa in allen Jahresringen Gas wahrzunehmen, auch sind die jüngeren Jahresringe nicht immer weniger luftführend als die mehr nach innen gelegenen.

Die meisten Gasblasen fand ich bei Picea excelsa an den Jahresgrenzen. Diese Bemerkung gilt sowohl für das Früh- als auch für das Spätholz.

III. Verteilung der Gasblasen im Früh- und Spätholz.

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse meiner Untersuchungen über die Verteilung der Gasblasen im Früh- und Spätholz zusammengestellt.

Stämme von Fagus silvatica.

(Siehe Tabelle 26, Seite 52 und 53).

Die Zahlen sind Mittelwerte aus je 2 bis 5 Messungen. Aus diesen Angaben folgt, daß in den von mir untersuchten Stämmen von Fagus silvatica, in allen Jahresringen Gas sowohl im Früh- wie auch im Spätholz wahrzunehmen ist. Die Leitungsbahnen des Spätholzes führen im Allgemeinen weniger Gas als die des Frühholzes, jedoch verhält es sich manchmal auch umgekehrt. Analoge Ergebnisse lieferte die Untersuchung von Wurzeln von Fagus silvatica.

Wurzeln von Fagus silvatica.

(Siehe Tabelle 27, Seite 54).

Die Zahlenangaben stellen Mittelwerte aus je 3 Messungen dar.

Stämme von Picea excelsa.

(Siehe Tabelle 28, Seite 54).

Es sind also die im Spätholz von Picea excelsa gefundenen Gasvolumina im Allgemeinen kleiner als im Frühholz ; doch ist dies nicht immer der Fall. Dagegen war in den oben angegebenen Versuchen sowohl im Früh- wie auch im Spätholz stets Gas zu konstatieren.

Stämme v

Tabelle 26.

Datum des Versuches	Tageszeit	Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke an der Bohrungsstelle in cm.	Wetter zur Zeit des Versuches	Temperatur	I
						S.
20. III.	9^{30}	1.50	15	schön	3°	26.76
24. III.	9^{25}	2.00	24	Wind, bedeckt	2°	23.14
5. IV.	4^{15}	2.50	20	schön	10°	24.02
Knospen						
17. IV.	9^{15}	0.50	20	schön	16°	6.38
11. V.	3^{15}	3.50	20	schön	18°	15.42
11. V.	3^{15}	0	23	schön	18°	11.90
20. V.	$2^{\frac{00}{11}}$	1.00	20	dauernd schön	14°	6.75
20. V.	$10^{\frac{00}{11}}$	1.00	20	dauernd schön	16°	10.43
21. V.	2^{30}	1.00	20	dauernd schön	18°	10.67
25. V.	8^{30}	1.00	18	dauernd schön	22°	10.26
8. X.	10^{00}	0	25	still, Regen	13°	30.04
8. X.	3^{00}	0	25	Wind, Regen	15°	38.99
9. X.	10^{00}	1.00	18	Wind, schön	11°	31.23
26. X.	10^{00}	1.00	8	feucht, bedeckt	3.5°	42.68
4. I.	3^{00}	1.00	16	ruhig, schön	2°	25.39
4. I.	3^{00}	0	18	ruhig, schön	2°	29.09
5. I.	9^{30}	1.00	16	nebelig	−2°	31.92
5. I.	9^{30}	0	18	nebelig	−2°	49.74

gus silvatica.

Tabelle 26.

I	III		IV		V		VI		VII	
F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.
28.77	32.15	41.89	27.38	63.58	—	—	—	—	—	—
44.24	40.28	62.53	34.71	32.19	—	—	—	—	—	—
43.54	36.43	62.57	28.02	37.30	—	—	—	—	—	—
19.63	7.26	21.42	18.60	28.07	14.33	16.10	13.80	45.81	—	—
32.72	7.99	36.94	16.40	54.92	12.84	32.27	11.33	31.85	7.04	26.31
43.59	13.65	23.56	17.31	39.11	13.67	27.24	18.63	49.52	14.63	42.41
42.56	20.33	30.46	27.87	76.23	23.16	89.00	16.48	68.99	23.54	79.50
24.96	9.65	31.62	22.81	47.66	24.15	30.29	26.06	61.48	26.62	48.50
23.82	22.17	33.55	23.48	45.96	17.26	44.45	21.11	40.97	24.43	50.00
23.42	6.01	16.34	7.33	20.07	7.27	20.78	10.93	20.68	—	—
65.05	23.96	40.25	37.04	61.76	—	—	—	—	—	—
81.64	38.56	81.51	59.56	76.79	—	—	—	—	—	—
50.17	49.79	54.27	30.36	65.80	—	—	—	—	—	—
52.29	29.03	36.27	15.71	39.14	—	—	—	—	—	—
50.19	27.11	49.39	34.00	51.52	32.17	68.59	—	—	—	—
56.07	59.77	66.72	51.10	117.06	46.32	87.66	—	—	—	—
88.21	47.98	103.08	29.24	99.59	42.87	101.17	—	—	—	—
90.49	48.39	112.80	54.10	144.10	46.95	85.89	—	—	—	—

Wurzeln vo

Tabelle 27.

Datum des Versuches	Tageszeit	Tiefe der Bohrungsstelle in m.	Dicke an der Bohrungsstelle in cm.	Wetter zur Zeit des Versuches	Temperatur	I	
						S.	
25. V.	8 30	–0.50	10	dauernd schön	22°	4.88	14
25. V.	2 30	–0.50	10	dauernd schön	26°	15.69	20
20. X.	9 30	–0.20	4	dauernd schön	9°	13.86	29

Die Angaben sind Mittelwerte aus je 3 Messungen.

Stämme vo

Tabelle 28.

Datum des Versuches	Tageszeit	Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke an der Bohrungsstelle in cm.	Wetter zur Zeit des Versuches	Temperatur	I	
						S.	
5. IV.	9 15	2.00	18	schön, v. d. Vers. Wind	8°	7.94	15
8. V.	4 15	0	18	schön	14°	1.24	1
2. V.	4 15	3.50	16	schön	14°	2.02	4
10. V.	2 30	3.50	18	schön, nach Regen . .	—	2.67	4
10. V.	2 30	0	20	schön, nach Regen . .	—	1.62	2
20. V.	2 00	1.00	18	dauernd schön	14°	1.37	5
20. V.	10 00	1.00	18	dauernd schön	16°	3.67	20
21. V.	9 15	1.00	18	dauernd schön	18°	1.55	8
26. V.	2 30	1.00	15	feucht, bedeckt . . .	14°	4.31	7
5. X.	3 00	0	12	andau. Wind, feucht, bed.	16°	11.14	17
6. X.	10 00	0	12	schw. Wind, feucht, bed.	13°	9.58	17
7. X.	10 00	1.00	11	schw. Wind, schön, feucht	13°	6.57	20
7. X.	3 00	1.00	12	ruhig, feucht, schön . .	16°	10.97	9

ıgus silvatica.

Tabelle 27.

II		III		IV		V		VI	
	F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.
34	24.71	11.31	23.95	8.11	17.63	11.74	33.33	11.12	38.30
89	22.89	25.22	31.70	10.14	40.32	26.13	58.42	—	—
53	52.48	13.71	46.32	21.98	58.56	14.15	52.85	—	—

ıicea excelsa.

Tabelle 28.

II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.
2	10.57	3.55	20.87	7.10	10.15	—	—	—	—	—	—	—	—
2	2.32	1.34	3.46	1.04	2.31	3.43	2.01	—	—	—	—	—	—
4	2.59	1.02	2.06	1.49	6.78	2.45	5.96	—	—	—	—	—	—
7	6.53	0.67	7.92	1.55	6.39	0.64	3.98	1.08	3.66	1.07	5.63	—	—
7	1.76	0.65	2.48	2.48	3.08	0.81	1.56	1.32	4.33	2.04	2.51	—	—
4	3.48	1.91	3.94	1.46	4.92	1.67	6.47	2.14	4.37	1.51	9.47	1.54	10.13
7	10.64	1.15	7.02	1.22	6.57	1.91	6.32	2.05	7.10	1.18	6.48	—	—
7	3.20	1.14	4.06	1.53	3.06	2.18	5.70	2.69	4.80	1.45	6.17	—	—
5	8.03	4.30	9.61	4.69	4.36	3.83	8.64	—	—	—	—	—	—
1	23.07	3.20	9.81	2.64	14.89	3.35	6.33	—	—	—	—	—	—
01	16.33	4.39	7.56	4.78	3.60	4.66	9.95	—	—	—	—	—	—
04	22.44	4.18	3.75	4.09	5.21	1.80	7.28	—	—	—	—	—	—
1	8.00	5.90	10.83	4.62	7.90	2.88	5.26	—	—	—	—	—	—

Tabelle 29.

Datum des Versuches	Tageszeit	Tiefe der Bohrungsstelle in m.	Dicke an der Bohrungsstelle in cm.	Wetter zur Zeit des Versuches	Temperatur	I		II		III		IV		V	
						S.	F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.
30. III.	2 30	−0.50	28	Regen . .	5°	2.94	16.33	1.69	14.82	3.01	9.57	1.77	13.44	1.57	14.82
22. X.	10 00	−0.20	3	Regen . .	10°	2.85	4.28	3.51	5.75	3.88	3.42	—	—	—	—

Tabelle 30.

Tageszeit	Länge des Astes in cm.	Stärke der Beblätterung	Dicke des Astes an der Schnittstelle in mm.	Temperatur	I	II	III	IV
8 20	100+100	200+270	7.80	14°	4.84	13.34	14.76	16.40
2 00	100+130	79+218	7.50	17°	2.07	4.54	5.54	11.88
8 20	125+75	280+190	6.70	14°	4.68	12.24	13.82	18.41
2 00	130+100	—	—	17°	3.30	8.41	6.52	—

Über die Gasverteilung im Früh- und Spätholz von Picea-Wurzeln stehen mir leider nur zwei Versuche zur Verfügung, aber ihre Ergebnisse bestätigen im Wesentlichen die Schlußfolgerung, welche ich bei den Stämmen von Picea gezogen habe.

(Siehe Tabelle 29, Seite 56).

Strasburgers Angaben (7. p. 688): « der Luftgehalt der besonders für die Wasserleitung beanspruchten peripherischen Bahnen ist stets am geringsten » und « Bei heterogener Zusammensetzung der trachealen Bahnen fällt der größte Luftgehalt den weiten Gefäßen zu » treffen in dieser allgemeinen Form nicht immer das Richtige.

IV. Verteilung der Gasblasen in den trachealen Bahnen zu verschiedenen Tageszeiten.

In den unten angeführten Tabellen sind die Resultate meiner Untersuchungen über die Verteilung des Gases in den trachealen Bahnen zu verschiedenen Tageszeiten zusammengestellt.

Versuche mit Aesten von Fagus silvatica.

Am 13. V. und 14. V. untersuchte ich bei bewölktem Himmel und feuchtem Wetter zu verschiedenen Tageszeiten Buchenäste, die 2.50 m über dem Boden sich befanden. Tabelle 30, deren Zahlenangaben Mittelwerte aus je 5 Messungen sind, gibt die Resultate dieser Versuche wieder.

(Siehe Tabelle 30, Seite 56).

Es ergibt sich, daß am Morgen bei trübem und

Tabelle 31.

Tageszeit	Höhe der Schnittstelle in m.	Länge des Astes in cm.	Stärke der Beblätterung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	Stellung	Wetter	Temperatur	I	II	III	IV
2 $\frac{00}{}$	1.35	50+85	100+190	5.80	in d. Sonne	schön . .	26°	9.21	12.70	11.06	16.49
10 $\frac{00}{}$	1.30	50+100	230+300	6.10	Nacht. . .	kurz vor dem Versuche fing es an zu regnen	16°	13.06	21.13	17.63	31.38
2 $\frac{00}{}$	1.50	50+85	380+240	7.20	Nacht. . .	schön . .	10°	10.25	10.10	22.33	17.72
2 15	1.40	50+100	215+270	7.70	in d. Sonne	anh. schön	28°	10.57	9.74	9.61	13.71
2 00	1.35	75+60	195+95	4.20	in d. Sonne	schön . .	26°	5.65	5.10	13.43	—
2 $\frac{00}{}$	1.50	75+60	490+130	5.40	Nacht. . .	schön . .	10°	12.09	9.12	22.39	—

feuchtem Wetter in den Leitungsbahnen des Buchenastes viel mehr Gas zu finden ist als nachmittags.

Die Resultate der Versuche vom 15., 16. und 22. V. finden sich in Tabelle 31 zusammengestellt. Die dort angegebenen Mittelwerte sind aus je 5 Messungen gewonnen worden. Das Wetter war schön ; nur kurz vor den Beobachtungen, um 10 Uhr nachts, fing es an zu regnen.

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß die Leitungsbahnen der Buchenäste nachts gasreicher sind als um 2 Uhr nachmittags.

Am 17. und 18. V. untersuchte ich zu verschiedenen Tageszeiten 1.75 m hoch über dem Boden inserierte Buchenäste. Die Versuche wurden bei regnerischem Wetter bei 17° C. ausgeführt. Die Ergebnisse gibt Tabelle 32 als Mittelwerte aus je 3 Messungen.

Tabelle 32.

Tageszeit	Länge des Astes in cm.	Stärke der Beblätterung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	I	II	III	IV
9^{45}	50+80	90+130	5.00	4.09	10.61	9.58	12.58
3^{00}	50+100	110+170	6.20	6.26	6.67	10.93	17.70
9^{45}	75+55	150+70	3.80	9.02	13.12	17.65	—
3^{00}	75+75	160+120	5.40	6.61	7.38	15.74	—

Aus dieser Tabelle folgt, daß der Gasgehalt in den Proben, die in einer Entfernung von 50 cm vom Stamm entnommen wurden, um 3 Uhr etwas größer war als um 9 Uhr 45 ; in den Ausschnitten dagegen, die 75 cm vom Stamm entfernt waren, wurde um 9 Uhr 45 viel mehr Gas gefunden als um 3 Uhr.

Am 11. und 12. VI. untersuchte ich zu verschiedenen Tageszeiten bei dauerndem Regenwetter 1.80 m hoch über dem Boden inserierte Buchenäste. Die Zahlenangaben stellen Mittelwerte aus je 3 Messungen dar.

Tabelle 33.

Tageszeit	Länge des Astes in cm.	Stärke der Beblätterung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	Temperatur	I	II	III	IV
10 00	50+75	140+120	5.80	15°	6.81	8.35	9.95	—
2 30	50+90	50+250	6.80	13°	5.81	6.48	8.54	—
2 30	50+100	90+150	6.80	9°	4.97	5.50	5.59	9.44
10 00	75+50	190+70	4.00	15°	3.54	4.30	—	—
2 30	75+65	200+100	4.40	13°	1.84	3.13	—	—

Aus Tabelle 33 geht hervor, daß die Proben um 10 Uhr in ihren Leitungsbahnen mehr Gas führten als um 2 Uhr 30 nachmittags.

Am 12. X. wurden bei feuchtem und nebeligem Wetter zwei weitere Buchenäste untersucht. Die Resultate sind in Tabelle 34 als Mittelwerte aus je 3 Messungen zusammengestellt.

Tabelle 34.

Tageszeit	Höhe der Schnittstelle in m.	Länge des Astes in cm.	Stärke der Beblätterung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	I	II	III
9 30	1.20	50+50	100+80	4.20	4.69	6.02	5.76
3 00	2.00	50+50	100+80	4.30	3.25	4.46	10.63

Bei diesem Versuche sind die zwei ersten Jahresringe in der um 9 Uhr 30 untersuchten Probe gasreicher, der dritte Jahresring dagegen führt bedeutend weniger Gas.

Am 13. X. gelangten bei schönem und ruhigem Wetter 2 m über dem Boden im Schatten sich befindende Äste zur Untersuchung. Die Resultate sind in Tabelle 35 als Mittelwerte aus je 5 Messungen ausgeführt.

Tabelle 35.

Tageszeit	Länge des Astes in cm.	Stärke der Beblätterung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	I	II	III
10^{00}	50+60	90+110	4.75	3.93	7.15	11.72
3^{00}	50+70	90+120	4.90	8.77	8.39	23.06
10^{00}	75+35	140+60	2.90	4.02	8.38	—
3^{00}	75+45	130+80	3.00	6.05	8.52	—

Der Gasgehalt dieser bei schönem Wetter untersuchten Proben war also um 3 Uhr größer als um 10 Uhr.

Ein weiterer am 5. und 6. I. bei nebeligem Wetter an 2 m hoch über dem Boden inserierten Ästen ausgeführter Versuch zeigte ein unregelmäßiges Verhalten des Gases in verschiedenen Jahresringen.

Tabelle 36.

Tageszeit	Länge des Astes	Temperatur	I	II	III
3^{00}	50+70	−1°	2.25	15.46	16.00
10^{00}	50+70	−3°	7.84	10.85	17.88
10^{00}	75+45	−3°	6.62	11.23	—
3^{00}	75+45	−1°	8.23	10.69	—

Die in Tabelle 36 angegebenen Gasvolumina sind Mittelwerte aus je 3 Messungen.

Versuche mit Stämmen von Fagus silvatica.

Am 20., 21. und 25. V. untersuchte ich den Gasgehalt von Proben, die aus Buchenstämmen 1 m über dem Boden genommen worden waren. Die Versuche fanden bei dauernd schönem Wetter zu verschiedenen Tageszeiten statt. Die Ergebnisse sind Mittelwerte aus je 6 Messungen.

Tabelle 37.

Tageszeit	Dicke des Stammes an der Bohrungsstelle in cm.	Temperatur	I	II	III	IV	V	VI	VII
8 30	18	22°	14.51	15.98	11.18	13.70	14.03	15.81	—
2 30	20	18°	12.41	18.01	27.86	34.72	30.86	31.04	37.22
10 00	20	16°	12.58	22.21	20.64	35.24	27.22	43.77	37.56
2 00	20	14°	22.38	33.27	25.40	52.05	56.08	42.74	52.52

Wie aus Tabelle 37 zu ersehen ist, steigt bei schönem Wetter der Gasgehalt gegen die Mittagsstunden; um 10^{00} Uhr ist er aber noch größer als um 2 Uhr 30 und um 2^{00} Uhr nachts hat er abermals zugenommen.

Ein ähnliches Resultat lieferte ein Versuch vom 8. X., dessen numerische Angaben in Tabelle 38 zu finden sind. Die Proben wurden der Basis eines 25 cm dicken Buchenstammes entnommen. Die Zahlen sind Mittelwerte aus je 6 Messungen.

Tabelle 38.

Tageszeit	Temperatur	Wetter	I	II	III	IV
10 00	13°	Regen, still	44.67	66.22	32.11	49.40
3 00	15°	Regen, Wind	50.38	69.65	60.04	68.18

Um 3 Uhr ist die Gasmenge also wiederum größer als um 10 Uhr.

Die Ergebnisse von Versuchen vom 4. und 5. I. zeigt Tabelle 39 als Mittelwerte aus je 6 Messungen.

Tabelle 39.

Tageszeit	Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke an der Bohrungsstelle in cm.	Wetter	Temperatur	I	II	III	IV	V
9 30	1.00	16	nebelig . .	—2°	38.61	60.72	75.53	64.42	72.02
3 00	1.00	16	schön . .	+2°	26.51	36.96	38.25	42.76	50.33
9 30	0	18	nebelig . .	—2°	72.85	82.14	80.60	99.10	66.42
3 00	0	18	schön . .	+2°	37.09	44.89	63.25	84.08	66.99

Hier führten die Leitungsbahnen des Buchenstammes am Vormittag erheblich mehr Gas als nachmittags. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Transpirationsbedingungen vormittags und nachmittags wesentlich verschieden waren. Inwiefern dieser Faktor den Gasgehalt beeinflussen kann, wird später erörtert.

Versuche mit Wurzeln von Fagus silvatica.

Am 25. V. untersuchte ich zu verschiedenen Tageszeiten bei dauernd schönem Wetter 10 cm starke und 50 cm tief in der Erde sich befindende Buchenwurzeln. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Tabelle 40 als Mittelwerte aus je 6 Messungen angeführt.

Tabelle 40.

Tageszeit	Temperatur der Luft	I	II	III	IV	V	VI
8^{30}	22°	9.94	19.03	17.63	12.87	22.54	24.71
2^{30}	26°	18.25	21.39	28.46	25.23	42.28	—

Aus diesen Angaben folgt, daß bei schönem Wetter die Gasverhältnisse der Wurzeln denjenigen der Stämme (siehe Tabelle 37) vollständig analog sind, indem gegen die Mittagszeit der Gasgehalt ihrer Leitungsbahnen größer ist als in den Morgenstunden.

Die Versuche, die ich an Ästen, Stämmen und Wurzeln von Fagus silvatica zu verschiedenen Tageszeiten angestellt habe, führen mich zu folgenden Schlüssen:

1. Der Gasgehalt der Leitungsbahnen nimmt bei schönem Wetter gegen Mittag, Abend und Nacht allmählich zu, dann gegen Morgen wieder ab.

2. Bei nebeligem, regnerischem Wetter wird der Gasgehalt in den Leitungsbahnen von Morgen gegen Mittag meistens kleiner.

Eine Veränderung der Transpirationsverhältnisse (von dem unvermeidlichen Wechsel der Sonnenhöhe natürlich abgesehen) während des Versuches kann diese Resultate jedoch wesentlich beeinflussen.

Tabelle 41.

Tageszeit	Höhe der Schnittstelle in m.	Länge des Astes in cm.	Stärke der Benadelung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	Temperatur	I	II	III	IV
$9\,\frac{30}{}$	3	50+90	7500+10900	11.10	20°	0.24	1.94	3.11	3.81
$2\,\frac{00}{}$	2.70	50+100	10200+8480	10.50	16°	2.38	2.33	4.61	8.31
$2\,\frac{00}{}$	2.70	50+100	10300+9150	10.90	16°	1.93	1.84	4.18	9.02

Tabelle 42.

Tageszeit	Datum	Länge des Astes in cm.	Stärke der Benadelung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	Stellung des Astes	Temperat.	I	II	III	IV
$2\,\frac{00}{}$	15. V.	50+90	3500+6000	10.50	in der Sonne . .	23°	6.96	5.80	2.41	3.85
$3\,\frac{30}{}$	24. V.	50+50	2200+3000	6.40	in der Sonne . . .	28°	0.85?	2.95	5.10	8.67
$10\,\frac{00}{00}$	16. V.	50+100	3500+2600	6.20	Anf. d. Reg., Nacht.	16°	4.65	8.10	8.79	—
$2\,\frac{00}{00}$	16. V.	50+90	4000+7500	10.10	Nacht.	10°	6.56	7.08	13.31	7.38
$2\,\frac{00}{}$	15. V.	75+65	5500+4000	6.60	in der Sonne . .	23°	1.22	3.22	2.64	—
$2\,\frac{00}{00}$	16. V.	75+65	6500+5000	6.10	Nacht.	10°	2.05	3.07	5.13	—

Versuche mit Aesten von Picea excelsa.

Am 24. und 29. IV. untersuchte ich zu verschiedenen Tageszeiten und bei schönem Wetter der Sonne exponierte Fichtenäste.

Die Zahlen sind Mittelwerte aus je 5 Messungen.

(Siehe Tabelle 41, Seite 65).

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß der Gasgehalt um 2 Uhr größer ist als um 9 Uhr 30 morgens und in den beiden, um 2 Uhr unter analogen Bedingungen untersuchten Ästen sich äußerst ähnlich verhält.

Am 15., 16. und 24. V. gelangten 2 m über dem Boden inserierte Fichtenäste zur Untersuchung. Das Wetter war schön, nur vor den Beobachtungen, um $10^{\frac{00}{--}}$ Uhr, fing es schwach zu regnen an. Die Resultate sind Mittelwerte aus je 5 Messungen.

(Siehe Tabelle 42, S. 65).

Der Gasgehalt stieg also im Allgemeinen bis 10 Uhr nachts und war um $2^{\frac{00}{--}}$ Uhr noch größer geworden. Etwas abweichend verhalten sich die zwei ersten Jahresringe.

Eine ähnliche Beobachtung machte ich am 26. und 28. X. an 2 m über dem Boden befindlichen Fichtenästen. Die Resultate sind Mittelwerte aus je 3 Messungen.

Tabelle 43.

Tageszeit	Länge des Astes in cm.	Stärke der Benadelung	Temperatur	I	II
$2^{\frac{30}{--}}$	50+60	3000+4500	10°	0.85	1.63
$9^{\frac{00}{--}}$	50+60	3500+4000	9°	3.11	3.91

Am 5. und 6. I. wurden bei nebeligem Wetter 2 m über dem Boden inserierte Fichtenäste untersucht.

Die Ergebnisse sind Mittelwerte aus je 3 Messungen.

Tabelle 44.

Tageszeit	Länge des Astes in cm.	Stärke der Benadelung	Temperat.	I	II	III
10^{00}	50+70	3000+6000	−3°	1.33	3.37	6.32
3^{00}	50+70	4000+8000	−1°	2.59	3.00	4.76
10^{00}	75+45	4500+4500	−3°	0.92	4.52	6.69
3^{00}	75+45	7500+4500	−1°	0.93	2.41	3.60

Bei nebeligem Wetter im Januar war also der Gasgehalt der von mir untersuchten Proben in den Morgenstunden größer als nachmittags.

Versuche mit Stämmen von Picea excelsa.

Am 8. und 10. V. untersuchte ich bei schönem Wetter Fichtenstämme. Die Ergebnisse sind Mittelwerte aus je 6 Messungen.

Tabelle 45.

Tageszeit	Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke an der Bohrungsstelle in cm.	I	II	III	IV	V	VI	VII
2^{30}	0	20	2.10	2.30	1.57	2.78	1.19	2.38	2.28
4^{15}	0	18	1.12	2.20	2.40	1.68	2.72	—	—
2^{30}	3.50	18	3.83	4.30	4.30	3.97	2.31	2.37	3.35
4^{15}	3.50	16	3.08	2.32	1.54	4.13	4.21	—	—

Am 20. und 21. V. folgten Versuche an 18 cm dicken Fichtenstämmen. Das Wetter war dauernd schön. Die Proben entnahm ich 1 m über dem Boden. Die Zahlen sind Mittelwerte aus je 6 Messungen.

Tabelle 46.

Tageszeit	Temperatur	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
9 15	18°	5.06	2.24	2.60	2.30	3.94	3.78	3.81	—
10 ♀	16°	12.27	7.12	4.09	3.90	4.12	4.58	3.83	—
2 ♀	14°	3.54	2.56	2.93	3.19	4.07	3.26	5.49	5.07

Der Gasgehalt war um 10 Uhr nachts am größten; um 2 Uhr nachts wurde er kleiner und hatte bis 9 Uhr 15 morgens meist noch mehr abgenommen. Die stärksten Veränderungen im Gasgehalt kommen in den ersten Jahresringen vor.

Versuche mit Wurzeln von Picea excelsa.

Am 26. und 27. V. untersuchte ich nach Regenwetter und bei bewölktem Himmel Fichtenwurzeln 50 cm unter der Bodenoberfläche. Die Zahlen sind Mittelwerte aus je 3 Messungen.

Tabelle 47.

Tageszeit	Dicke an der Bohrungsstelle in cm.	I	II	III	IV	V	VI
9 30	6	17.28	4.30	8.94	11.53	15.71	10.33
2 30	4	4.04	6.39	7.49	6.30	8.64	7.08

Der Gasgehalt war am Vormittag bedeutend größer. Die Differenz läßt sich am besten am ersten Jahresringe wahrnehmen.

Am 21. und 22. X. gelangten bei dauernd schönem Wetter feinere Fichtenwurzeln zur Untersuchung.

Tabelle 48.

Tageszeit	Dicke der Wurzel in mm.	Temperatur	Gasgehalt I
10^{00}	2.90	9°	4.25
3^{00}	2.60	12°	6.77
10^{00}	4.00	9°	4.48
3^{00}	3.50	12°	10.05

Es waren also bei schönem Wetter die Leitungsbahnen feiner Fichtenwurzeln nachmittags gasreicher als morgens.

Aus den Versuchen mit Ästen, Stämmen und Wurzeln von Picea excelsa ergeben sich somit ähnliche Schlüsse wie bei Fagus silvatica.

V. Verhalten der Gasblasen in den trachealen Bahnen von Fagus silvatica und Picea excelsa unter verschiedenen Transpirationsbedingungen.

Versuche mit Aesten von Fagus silvatica.

Am 11. und 14. V. untersuchte ich von 8 bis 9 Uhr morgens 2 Buchenäste unter verschiedenen Transpirationsbedingungen. Die Ergebnisse sind Mittelwerte aus je 3 Messungen.

(Siehe Tabelle 49, Seite 70).

Es sind drei Faktoren, die außer der Stärke der Beblätterung bei diesem Versuche auf die Transpirationsverhältnisse von Einfluß sein konnten: das Licht, die Luftfeuchtigkeit und die Temperatur.

Nach Tabelle 49 führten die Proben aus jenen Ästen, die in günstigeren äußeren Transpirationsbedingungen

Tabelle 49.

Stellung des Astes	Wetter	Temperatur	Stärke der Beblätterung	Höhe der Schnittstelle in m.	Dicke an der Schnittstelle in mm.	Länge des Astes in cm.	I	II	III	IV
im Schatten	bedeckt	14°	200+270	2.50	7.80	100+100	4.84	13.34	14.76	16.40
in der Sonne	schön .	16°	80+305	3.50	9.50	100+150	2.82	5.17	8.40	9.95
im Schatten	bedeckt	14°	280+190	2.50	6.70	125+75	4.68	12.24	13.82	18.41
in der Sonne	schön .	16°	202+183	3.50	6.70	150+100	3.18	4.99	5.32	—

Tabelle 50.

Stellung	Wetter	Temperatur	Länge des Astes in cm.	Stärke der Beblätterung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	Höhe der Schnittstelle in m.	Tageszeit	I	II	III	IV
in der Sonne	dauernd trocken	28°	50+110	215+270	7.70	1.40	2 15	10.57	9.74	9.61	13.71
im Schatten	30-st. Regenw.	17°	50+100	110+170	6.20	1.75	3 00	6.26	6.67	10.93	17.70

sich befanden, am Morgen weniger Gas in ihren Leitungsbahnen.

Tabelle 31 ergab ähnliche Resultate, indem der Gasgehalt der Leitungsbahnen in der Nacht, d. h. bei schwächerer Transpiration größer war als um 2 Uhr mittags. Günstigere Transpirationsbedingungen haben aber nicht immer eine Abnahme des Gasgehaltes zur Folge, wie das die Versuche von Tabelle 50 nach längerer Trockenheit und nach 30-stündigem Regenwetter für die ersten Jahresringe zeigen. Die Zahlen sind Mittelwerte aus je 3 Messungen.

(Siehe Tabelle 50, Seite 70).

Am 24. V., um 2 Uhr 30, untersuchte ich bei dauernd schönem Wetter zwei weitere Äste. Die Resultate sind Mittelwerte aus je 3 Messungen.

(Siehe Tabelle 51, Seite 72).

Hier führen wiederum die Leitungsbahnen unter günstigeren Transpirationsbedingungen weniger Gas.

Ein ähnliches Resultat gaben mir die Versuche vom 12. und 14. VI., um 2 Uhr 30, an 1.80 m hoch inserierten Buchenästen. Die Ergebnisse sind Mittelwerte aus je 3 Messungen.

(Siehe Tabelle 52, Seite 72).

Am 12. X., um 3 Uhr, untersuchte ich Buchenäste bei feuchtem Wetter. Die Resultate sind Mittelwerte aus je 5 Messungen.

(Siehe Tabelle 53, Seite 73).

Aus Tabelle 53 läßt sich kein bestimmter Schluß ziehen.

Tabelle 51.

Stellung	Temperat.	Höhe der Schnittstelle in m.	Länge des Astes in cm.	Dicke an der Schnittstelle in mm.	Stärke der Beblätterung	I	II	III	IV	V	VI
in der Sonne	34°	1.75	50+100	8.10	185+285	4.27	6.24	4.97	5.69	5.32	7.71
im Schatten	28°	2.00	50+100	6.90	110+260	6.39	6.27	7.17	8.65	8.39	10.79
in der Sonne	34°	1.75	75+75	5.70	320+150	4.40	4.95	6.51	5.11	—	—
im Schatten	28°	2.00	75+75	5.60	220+150	4.02	6.41	8.25	10.25	—	—

Tabelle 52.

Temperat.	Wetter	Stellung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	Stärke der Beblätterung	Länge des Astes in cm.	I	II	III	IV
9°	dauernd Regen .	im Schatten	6.80	90+150	50+100	4.97	5.50	5.59	9.44
17°	schön	im Schatten	7.20	90+170	50+100	3.56	3.77	4.69	7.40

Tabelle 53.

Stellung	Temperat.	Tageszeit	Höhe der Schnittstelle in m.	Länge des Astes in cm.	Stärke der Beblätterung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	I	II	III
im Schatten, nebelig	5°	9 30	1.20	50+50	100+80	4.20	4.69	6.02	5.76
Ast einige Stunden vor der Untersuchung insoliert	16°	3 00	2.00	50+50	100+80	4.90	4.92	5.61	9.71
im Halbschatten	14°	3 00	2.00	50+50	100+80	4.30	3.25	4.46	10.63
im Schatten, nebelig	5°	9 30	1.20	75+25	120+60	2.90	3.27	3.88	- -
Ast einige Stunden vor der Untersuchung insoliert	16°	3 30	2.00	75+25	120+60	2.60	2.88	2.21	—
im Halbschatten	14°	3 00	2.00	75+25	120+60	2.70	3.20	6.60	—

Am 13. und 14. X. folgten Untersuchungen an 2 m über dem Boden inserierten Buchenästen.

Die Resultate sind Mittelwerte aus je 5 Messungen.

(Siehe Tabelle 54, Seite 75).

Während die am Vormittag bei schönem und ruhigem Wetter ausgeführten Versuche eine bestimmte Beziehung nicht deutlich erkennen lassen, besitzen die bei regnerischem Wetter geprüften Äste einen größeren Gasgehalt.

Die Nachmittagsversuche zeigen bei ungünstigeren Transpirationsbedingungen einen erheblich größeren Gasgehalt.

Am 23. und 25. X., um 10 Uhr, untersuchte ich 2 m über dem Boden inserierte Buchenäste mit herbstlich verfärbten Blättern. Die Resultate sind Mittelwerte aus 3 Messungen.

Tabelle 55.

Wetter	Temperatur	Länge des Astes in cm.	Dicke an der Schnittstelle in mm.	I	II	III	IV
feucht, bed.	10°	50+60	4.20	9.81	30.18	23.26	—
Anf. d. Reg.	2°	50+70	4.90	7.89	9.83	13.24	15.35
feucht, bed.	10°	75+35	3.40	8.18	8.98	—	—
Anf. d. Reg.	2°	75+45	3.60	11.45	13.68	13.19	—

Versuch mit Stämmen von Fagus silvatica.

Am 20. und 24. III. untersuchte ich um 9 Uhr 30 Buchenstämme, die noch keine Blätter trugen.

Tabelle 54.

Stellung	Wetter	Temperat.	Tageszeit	Länge des Astes in cm.	Stärke der Beblätterung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	I	II	III
im Schatten	Regen seit d. Abend	12°	10 00	50+70	150+130	5.50	3.73	12.71	12.16
im Schatten	ruhig, schön . . .	14°	10 00	50+60	90+100	4.75	3.93	7.15	11.72
in der Sonne	ruhig, schön . . .	16°	10 00	50+60	120+130	5.00	4.15	6.57	15.88
im Schatten	Regen seit d. Abend	12°	10 00	75+45	210+70	3.40	10.91	10.47	—
im Schatten	ruhig, schön . . .	14°	10 00	75+35	140+60	2.90	4.02	8.38	—
in der Sonne	ruhig, schön . . .	16°	10 00	75+35	180+75	3.45	5.31	5.58	—
im Schatten	ruhig, schön . . .	17°	3 00	50+70	90+120	4.90	8.77	8.39	23.06
in der Sonne	ruhig, schön . . .	20°	3 00	50+70	150+120	5.60	1.80	3.60	9.23
im Schatten	ruhig, schön . . .	17°	3 00	75+45	130+80	3.00	6.05	8.55	—
in der Sonne	ruhig, schön . . .	20°	3 00	75+45	190+80	3.10	4.02	7.09	—

Tabelle 56.

Wetter	Temperatur	Dicke an der Bohrungsstelle in cm.	Höhe der Bohrungsstelle in m.	I	II	III	IV
Schön . .	3°	15	1.50	34.29	30.21	37.02	45.48
Wind, bed.	2°	24	2.00	28.81	41.12	51.41	30.45

Am 5. und 17. IV. folgten Versuche an 20 cm dicken Buchenstämmen. Die Ergebnisse sind Mittelwerte aus je 6 Messungen.

Tabelle 57.

Wetter	Temperatur	Tageszeit	Höhe der Bohrungsstelle in m	I	II	III	IV
Schön . . .	10°	4^{15}	2.50	27.28	46.45	49.50	32.66
Schön, insol.	16°	9^{15}	0.50	9.10	13.03	14.34	23.33

Der Zapfen aus dem insolierten Baume besaß einen geringeren Gasgehalt. Der andere Zapfen wurde nachmittags untersucht, was die Differenz noch verstärkt haben mag.

Wir fanden früher, daß bei schönem Wetter der Gasgehalt der Leitungsbahnen von Fagus silvatica gegen Mittag, Abend und Nacht allmählich zunimmt, um dann gegen Morgen wieder abzunehmen. Wenn wir statt der Tageszeiten die Transpirationsbedingungen in Betracht ziehen, so kommen wir zum Schlusse, daß bei geringster Transpiration (Nacht) der Gasgehalt am größten ist. Die zunehmende Transpiration hat jedoch

nur bis zu einem gewissen Grade eine Abnahme zur Folge, da bei schönem Wetter der Gasgehalt von Morgen gegen Mittag wieder steigt.

Versuche mit Aesten von Picea excelsa.

Am 17. IV., um 11 Uhr, untersuchte ich bei schönem Wetter Fichtenäste von 10 cm dicken Bäumen. Die Resultate sind Mittelwerte aus je 3 Messungen.

(Siehe Tabelle 58, Seite 78).

Aus Tabelle 58 geht hervor, daß die Proben, welche bei günstigeren Transpirationsbedingungen entnommen wurden, viel weniger Gas in ihren Leitungsbahnen führten.

Ein vollständig analoges Resultat lieferte ein Versuch am 21. IV., um 11 Uhr 30. Die Äste stammten von 8 cm dicken Bäumchen. Die Zahlenangaben sind Mittelwerte aus je 3 Messungen.

(Siehe Tabelle 59, Seite 78).

Versuche vom 22. und 23. IV. sind in Tabelle 60 als Mittelwerte aus 5 Messungen zusammengestellt.

(Siehe Tabelle 60, Seite 79).

Auch hier war unter günstigeren Transpirationsbedingungen in der Regel weniger Gas anzutreffen.

Andere Verhältnisse der Gasverteilung fand ich bei Versuchen vom 28. und 29. IV., die ich um 2 Uhr mit Ästen, die 2.70 m über dem Boden sich befanden, ausführte. Tabelle 61 gibt die Zahlenresultate als Mittelwerte aus je 5 Messungen.

(Siehe Tabelle 61, Seite 79).

Tabelle 58.

Stellung	Temperat.	Höhe der Schnittstelle in m.	Länge des Astes in cm.	Stärke der Benadelung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	I	II	III	IV	V	VI
im Schatten	18°	3.30	50+100	14200+19100	9.65	0.45	0.84	3.04	5.51	10.45	17.87
in der Sonne	22°	3.10	50+90	8260+15600	9.25	0.17	0.42	0.62	1.83	6.67	7.22
im Schatten	18°	3.30	100+50	19500+3800	5.65	0.07	0.29	0.65	1.03	—	—
in der Sonne	22°	3.10	100+40	21220+2640	5.10	0.03	0.08	0.06	0.27	—	—

Tabelle 59.

Temperatur	Stellung	Länge des Astes in cm.	Höhe der Schnittstelle in m.	Stärke der Benadelung	I	II	III	IV	V
18°	im Schatten	50+80	2.70	7000+10700	0.97	1.27	2.63	1.70	3.13
22°	in der Sonne	50+70	2.90	8100+10800	0.39	0.88	1.15	1.51	2.89

Tabelle 60.

Stellung	Wetter	Temperat.	Höhe der Schnittstelle in m.	Länge des Astes in cm.	Stärke der Benadelung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	I	II	III	IV
in der Sonne	schön .	24°	2.50	50+65	8700+3700	5.46	0.35	0.55	2.04	3.58
im Schatten	bedeckt	14°	2.00	75+80	8000+5700	5.10	0.98	2.45	2.78	—
in der Sonne	schön	24°	4.00	50+70	13600+4600	6.16	0.51	1.28	3.33	4.32
im Schatten	bedeckt	14°	6.00	75+80	9700+7300	6.16	0.38	1.88	4.17	6.17

Tabelle 61.

Stellung	Wetter	Temperat.	Länge des Astes in cm.	Stärke der Benadelung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	I	II	III	IV
im Schatten	Regen	16°	50+90	6800+9500	7.20	0.94	4.18	3.70	5.57
in der Sonne	feucht, schön .	16°	50+100	10200+8480	10.50	2.38	2.33	4.61	8.31
in der Sonne	feucht, schön .	16°	50+100	10300+9150	10.90	1.93	1.84	4.18	9.02

Die Proben, welche den insolierten Ästen entnommen wurden, führten somit im III. und IV., besonders aber im I. Jahresringe mehr Gas als die bei Regen untersuchte Probe.

Am 22. und 26. X., von 2 Uhr 30 bis 3 Uhr, untersuchte ich 2 m hoch über dem Boden inserierte Fichtenäste. Die Ergebnisse sind Mittelwerte aus je 3 Messungen.

(Siehe Tabelle 62, Seite 81).

Unter günstigen Transpirationsbedingungen enthielten diese Äste also weniger Gas.

Die Versuche über die Verteilung der Gasblasen in den Ästen, Stämmen und Wurzeln von Picea zu verschiedenen Tageszeiten (Tabellen 41 bis 48) können auch zur Aufklärung des Einflusses der Transpiration dienen. Sie zeigen, daß unter günstigeren Transpirationsbedingungen der Gasgehalt bis zu einer gewissen Grenze abnimmt, um dann wieder zu steigen.

Sowohl bei Fagus silvatica wie auch bei Picea excelsa sind es besonders die jüngsten Jahresringe, deren Gasgehalt den größten Veränderungen unterliegt.

VI. Verteilung der Gasblasen in den Leitungsbahnen von Fagus silvatica und Picea excelsa zu verschiedenen Jahreszeiten.

Versuche mit Stämmen von Fagus silvatica.

Die Resultate sind Mittelwerte aus 4 bis 10 Messungen. Im ersten Teil dieser Tabelle sind die Morgenversuche, in dem zweiten die Nachmittagsversuche zusammengestellt.

(Siehe Tabellen 63*a* und 63*b*, Seite 81 und 82).

Tabelle 62.

Stellung	Wetter	Temperat.	Länge des Astes in cm.	Stärke der Benadelung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	I	II	III	IV
in der Sonne	schön	10°	50+60	3000+4500	7.30	0.85	1.63	1.31	2.86
im Schatten	bedeckt . . .	11°	50+80	3500+6000	6.60	1.58	2.31	3.57	2.95
im Schatten	schön	7°	50+60	4000+5000	5.70	1.72	4.99	5.33	—

Tabelle 63*a*.

Datum	Tageszeit	Höhe der Schnittstelle in m.	Dicke an der Schnittstelle in cm.	Wetter	Temperat.	I	II	III	IV	V	VI
20. III.	9 30	1.50	15	schön	3°	34.29	30.21	37.02	45.48	—	—
24. III.	9 25	2.00	24	Wind, bedeckt	2°	22.81	41.12	51.41	33.45	—	—
17. IV.	9 15	0.50	20	schön	16°	9.10	13.03	14.34	23.33	15.21	34.80
25. IV.	8 30	1.00	18	dauernd schön.	22°	14.51	15.98	11.18	13.70	14.03	15.81
8. X.	10 00	0	25	ruhig, Regen .	13°	44.67	66.22	32.11	49.40	—	—
9. X.	10 00	1.00	18	Wind, schön. .	11°	40.39	44.63	52.03	48.08	—	—
26. X.	10 00	1.00	8	feucht, bedeckt	3.5°	52.08	42.71	32.65	27.43	—	—
5. I.	9 30	1.00	16	nebelig	−2°	38.61	60.72	75.53	64.42	72.02	—
5. I.	9 30	0	18	nebelig	2°	72.85	82.14	80.60	99.10	66.42	—

Tabelle 63*b*.

Datum	Tageszeit	Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke an der Bohrungsstelle in cm.	Wetter	Temperat.	I	II	III	IV	V	VI	VII
5. IV.	4 15	2.50	20	sch., v. d. Vers. wind.	10°	27.28	46.45	49.50	32.66	—	—	—
11. V.	3 15	3.50	20	schön	18°	25.43	24.08	22.47	32.66	22.56	21.59	16.68
11. V.	3 15	0	23	schön	18°	18.61	31.67	18.60	28.21	20.45	34.07	26.52
21. V.	2 30	1.00	20	dauernd schön. .	18°	12.41	18.01	27.86	34.72	30.86	31.04	37.22
8. X.	3 00	0	25	Wind, Regen . .	15°	50.38	69.65	60.04	68.18	—	—	—
4. I.	3 00	1.00	16	ruhig, schön. . .	2°	26.51	36.96	38.25	42.76	50.38	—	—
4. I.	3 00	0	18	ruhig, schön. . .	2°	37.09	44.89	63.25	84.08	66.99	—	—

Tabelle 64*a*.

Datum	Tageszeit	Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke an der Bohrungsstelle in cm.	Wetter	Temperat.	I	II	III	IV	V	VI
5. IV.	9 15	2.00	18	sch., v. d. Vers. wind.	8°	11.50	6.89	12.20	8.62	—	—
21. V.	9 15	1.00	18	dauernd schön. . .	18°	5.06	2.24	2.60	3.94	3.75	3.81
6. X.	10 00	0	12	schw. Wind. bed., feucht	13°	13.61	12.61	5.98	4.19	7.31	—
7. X.	10 00	1	11	schw. Wind. bed., feucht	13°	13.39	13.19	2.87	4.65	4.54	—
14. I.	9 00	0	20	schön	−9°	2.32	2.79	2.35	2.97	8.52	—
4. I.	10 00	0 u. 1,00	20	feucht, nebelig . . .	3°	äußerst wenig Gas.					

Tabelle 64*b*.

Datum	Tageszeit	Höhe der Bohrungsstelle in m.	Dicke an der Bohrungsstelle in cm.	Wetter	Temperatur	I	II	III	IV	V	VI	VII
8. V.	4^{15}	0	18	schön	14°	1.12	2.22	2.40	1.68	2.72	—	—
8. V.	4^{15}	3.50	16	schön	14°	3.08	2.32	1.54	4.13	4.21	—	—
10. V.	2^{30}	3.50	18	nach Regen, schön		3.83	4.30	4.30	3.97	2.31	2.37	3.35
10. V.	2^{30}	0	20	schön, nach Regen		2.10	2.32	1.57	2.78	1.19	2.83	2.28
26. V.	2^{30}	1.00	15	feucht, bedeckt .	15°	5.74	6.09	6.85	4.53	6.24	—	—
5. X.	3^{00}	0	12	dauernd Wind, feucht, bedeckt.	16°	14.42	17.09	6.51	8.77	4.84	—	—
7. X.	3^{00}	1.00	12	ruhig, schön, feucht	16°	10.27	5.56	8.37	6.26	4.07	—	—
5. I.	3^{00}	1.00	—	feucht, nebelig . .	3°	äußerst wenig Gas.						

Aus Tabelle 63 folgt, daß der Gasgehalt der von mir untersuchten Buchenstämme im Allgemeinen im Winter am größten war, den geringsten Gasgehalt fand ich Ende Frühjahr oder anfangs Sommer.

Versuche mit Stämmen von Picea excelsa.

Der erste Teil von Tabelle 64 gibt die Morgenversuche, der zweite die Nachmittagsversuche als Mittelwerte aus 6 bis 10 Messungen.

(Siehe Tabellen 64 *a* und *b*, Seite 82 und 83).

Aus dieser Tabelle, wie auch aus den Tabellen 24 und 25, welche die Beobachtungen an feineren Wurzeln im Sommer und Herbst enthalten, läßt sich der Schluß ziehen, daß im Herbst der Gasgehalt der Fichtentracheiden im Allgemeinen größer ist als im Frühjahr. Den geringsten Gasgehalt fand ich im Winter.

Im Allgemeinen waren die von mir gefundenen Schwankungen bei Picea viel kleiner als bei Fagus. Die früher erwähnte Bedeutung der Transpiration vermag uns dieses Verhalten jedenfalls teilweise zu erklären.

Die Meinung mancher Autoren, daß die Gefäße zur Blutungszeit vielfach vollkommen mit Wasser erfüllt seien, trifft für die Buche zweifellos nicht zu.

Gasblasengehalt der Leitungsbahnen in den Blättern und Nadeln von Fagus silvatica und Picea excelsa.

Die wenigen Zahlenangaben, die mir zur Verfügung stehen, sind in Tabelle 65 mitgeteilt.

Tabelle 65.

Versuchsobjekt	Datum	Tageszeit	Wetter	Gasgehalt
Buchenblatt	26. v.	10^{00}	nach Regenw., schwach. Wind	0.45
Buchenblatt	10. VI.	10^{15}	» »	0.38
Buchenblatt	10. VI.	10^{15}	» »	0.68
Fichtennadel	14. v.	10^{15}	i. Schatt. schön	1.14
Fichtennadel	14. v.	10^{15}	» »	1.40
Fichtennadel	16. v.	4^{35}	» »	1.30
Fichtennadel	16. v.	4^{35}	» »	1.08

Andere Untersuchungen an den Blättern der Buche und den Nadeln der Fichte erlaubten mir fast immer Gasblasen in den Leitungsbahnen zu konstatieren. Eine ähnliche Beobachtung machte schon G. Volkens (5), so daß die Meinung von H. H. Dixon (15. p. 10): « According to all observers the tracheae of the leaves are normally filled completely with water and no bubbles either of air or of water vapour are to be found in them during transpiration » — nicht genügend begründet ist. Sagt doch auch Straßburger (7. p. 696): « Ich selbst habe in den Blättern der zahlreichen Holzgewächse, die ich im Sommer während der Tagesstunden untersuchte, in den letzten Gefäßbündelauszweigungen niemals Luftblasen gefunden, wohl aber in stärkeren Bündelästen der Lamina. »

Entstehung und Bedeutung der Gasblasen in den Leitungsbahnen der Pflanzen.

Über die Entstehung und Bedeutung der Gasblasen in den Leitungsbahnen herrscht noch nicht genügend Klarheit. Am häufigsten ist die Vorstellung,

welche die Blasenbildung mit der negativen Spannung in Zusammenhang bringt, doch lassen sich manche Beobachtungen damit nicht erklären. So erscheint uns die Zunahme des Blasengehaltes bei abnehmender Transpiration mit dieser Annahme kaum vereinbar zu sein.

Folgende Erscheinung deutet auf eine andere Entstehungsweise der Blasen hin.

Wenn ich meine Längsschnitte so herstellte, daß das Rasiermesser senkrecht zur Längsrichtung der Tracheen geführt wurde, so waren die Gasblasen hauptsächlich in der Nähe der Markstrahlzellen zu finden. Diese Beobachtung fand ich an mehreren hundert Schnitten bei Buche, Fichte und besonders bei der Birke bestätigt. Die beim Schneiden erfolgende Gasblasenverschiebung ist bei dieser Messerführung möglichst reduziert.

Die von Hartig (2. p. 31) und von H. H. Dixon (15. p. 43) geschilderten Schemata halte ich für unexakt.

Hartig schreibt (2. p. 32), daß: « für gewöhnlich die Luft in den Tracheiden den oberen Teil des Lumens, das Wasser den unteren Teil einnimmt. » Dieselbe Meinung äußert H. H. Dixon (15. p. 25 u. 26) indem er sagt: « The resistance opposed by the moist cells walls to un dissolved gas must imprison them in the upper terminations of the tracheae and the accumulation of air must infallibly soon bring the whole process to an end. » Auf Seite 42 (15) heißt es dann weiter: « The water round the bubble ist drawn away by the tension and the surface of the bubble comes to rest against the wall of the trachea in which it has developed. The retreating surface is held by the wall and, as more water is drawn away, the bubble con enlarge only longitudinally. At this period the surface tension of the spherical bubble is replaced by the cappilary forces

of the tubular trachea, and, the capillary forces developed in these tubes being insufficient to withstand the tension, the bubble gradually pulls out till it completely fills the trachea. When this stage is reached the bubble con enlarge no more ; its surface is restrained on all sides by the walls of the trachea which, as is well known, though very permeable to water, are so fine grained that their capillary or imbitional forces are enormous and hold the surface of the water, limiting the bubble close to their inner surface. » Eine gasführende Tracheide kommt nach Dixon als Leitungsbahn nicht mehr in Betracht, doch können nach seiner Meinung (15. p. 44, 45) 50 % Tracheiden des Holzkörpers Gas führen, ohne das normale Saftsteigen zu verhindern.

Es gelang mir nur zufällig bei meinen Untersuchungen die Gasblasen in den Zuspitzungen der Tracheiden zu finden, niemals aber war die ganze Tracheide mit Gas gefüllt, wie es aus dem Schema von Dixon hervorgeht. Dem Vorwurf, es könnten die Gasblasen durch Druckausgleichung in der Tracheide ihre Lage und ihr Volumen verändert haben, halte ich meine Versuche entgegen, die ich im Frühjahr, Herbst und Winter, sowie auch bei sehr schwacher Transpiration ausführte.

Die vielfach wiederholte Beobachtung von Gasblasen in der Nähe der Markstrahlzellen machte mich auf Beziehungen aufmerksam zu dem Luftgehalt der Leitungsbahnen und der Tätigkeit lebender Holzelemente.

H. Deveaux (16. p. 1367) fand bei einem « sarment de vigne maintenu au laboratoire », daß das Gas der Leitungsbahnen aus 2.88 % CO_2, 9.38 % O und 87.74 % N bestand, während zu gleicher Zeit die Luft

des Laboratoriums 0.16 % CO_2, 20.26 % O und 79.58 % N enthielt. « Ces chiffres montrent que la dépression observée est due exclusivement à l'oxygène. Or, la portion de ce gaz qui manque a été prise par la respiration. » Nach Deveaux wird ferner mit zunehmender Temperatur der negative Druck in den Leitungsbahnen größer, wie folgende Versuche zeigen. (16. p. 1368.)

Atmosphère interne des vaisseaux		Température 5° à 10°	17° à 18°	35°
Pression partielles en centièmes d'atmosphère	CO_2	1.30	2.65	8.37
	O	14.50	8.63	0.20
	N	79.50	80.72	80.65
Pression totale .		95.30	92.00	89.22

« On voit », so schließt Deveaux aus diesen Angaben, « que la pression totale de l'air contenu dans les vaisseaux :

1. Se maintient constamment plus basse que la pression atmosphérique.

2. Qu'elle est d'autant plus basse que la température est plus élevée.

3. Que cette dépression est certainement due à la respiration, l'oxygène surtout marquant une dépression très forte, très incomplètement compensée par le CO_2 produit. Quand à l'azote, il conserve sa pression propre à $\frac{1}{100}$ près. »

Nach Noll gibt es neben der schon von Höhnel hervorgehobenen Ausgleichung der Gasspannungen durch diosmotisches Einströmen der Außenluft auch eine durch die Lebenstätigkeit veranlaßte Diosmose, die den Austritt von Luft aus den Gefäßen im Gefolge hat und umgekehrt auf Luftverdünnung hin arbeitet.

Noll weist auf folgenden Versuch hin (17. p. 149

und 150) : « Ein kleiner Birkenzweig, der nach dem Abschneiden vom Baume während zweier Stunden Gelegenheit hat, die Luft seiner angeschnittenen Hohlräume auf Normaldruck zu bringen, saugt im Laufe von 24 Stunden unter Umständen ein Luftquantum durch seine Schnittfläche ein und läßt es wieder verschwinden, welches so groß oder gar größer ist als das eigene Holzvolumen. » (Bei anderen Pflanzen ist dasselbe zu finden.)

« In weit größeren Mengen und bedeutend rascher als atmosphärische Luft wird von allen Zweigen Wasserstoff aufgenommen und verzehrt, wobei er zugleich eine ganz außerordentliche Luftverdünnung in den Leitbahnen hinterläßt. Wird dagegen ein beblätterter Birkenzweig in eine Wasserstoff-Atmosphäre gebracht, so entsteht umgekehrt in den Leitbahnen eine rasch zunehmende Verdichtung der Luft, die am freien Querschnitt des Zweiges aus den Gefäßen in Form eines Blasenstromes in die Wasser-Vorlage einbraust. Aufgefangen lassen diese Blasen einen hohen Gehalt an Wasserstoff erkennen. Diese Versuche mit Wasserstoff beweisen, daß die Binnenluft der Gefäße zu dem wirksamsten osmotischen Austausch mit der Außenluft befähigt ist, obgleich die Gefäße selbst in der Pflanze auf das Sorgfältigste abgeschlossen und vor der direkten Berührung mit der Intercellularluft bewahrt werden. » (17. p. 150.)

CO_2 verhält sich ähnlich wie H : « Beiden Versuchen mit H und CO_2 läßt sich die bemerkenswerte Beobachtung machen, daß der lebhafte Austritt der verdichteten Gefäßluft aus dem Holzquerschnitte die gleichzeitige Aufnahme des Transpirationswassers nicht hindert. » (17. p. 151.)

Der Sauerstoff bewirkt nach Noll erst eine Ver-

dichtung und nachher eine Verdünnung der Binnenluft, was auf seiner Verwertung zur Atmung beruhen dürfte.

Um mir über die Bedeutung der lebenden Holzzellen für den Gasgehalt der Leitungsbahnen ein eigenes Urteil zu bilden, stellte ich folgende Versuche an.

Versuche mit Aesten von Fagus silvatica.

Am 6. V. um 10 Uhr 15 wurden zwei möglichst ähnliche im Schatten befindliche Äste abgeschnitten; jeder war ca. 2 m lang und trug ca. 200 Knospen. Aus jedem Ast entnahm ich zwei Ausschnitte, welche gleich weit vom Stamm entfernt waren. Die zwei Proben, die ich dem ersten Ast entnahm, wurden sofort auf den Gasblasengehalt mikroskopisch untersucht; die zwei anderen dagegen brachte ich in eine feuchte Kammer, deren Atmosphäre mit Wasserdampf gesättigt war. Nach 20 Stunden gelangten die Ausschnitte zur Untersuchung. Tabelle 66 gibt die Resultate als Mittelwerte aus je 3 Messungen.

Tabelle 66.

Dauer der Lage in der feuchten Kammer	I	II	III	IV	V
0	11.05	9.95	10.96	13.75	13.36
20 Stunden	16.97	17.31	18.28	20.15	17.02
0	8.82	11.77	10.84	—	—
20 Stunden	13.61	18.09	17.30	—	—

Nach 20-stündigem Liegen in der feuchten Kammer führten also die Lumina der Leitungsbahnen aller Ringe viel mehr Gasblasen.

Am 30. VI., um 3 Uhr, wurden 14 Proben von 8 cm Länge und 4.8 mm Dicke aus 1.5 m hoch inserierten Ästen entnommen. Eine Probe untersuchte ich sofort

nach der Abtrennung vom Ast. Sieben Proben wurden durch 1 ½-stündiges Kochen abgetötet und bis zur Abkühlung im gekochten Wasser gelassen; die mikroskopische Untersuchung zeigte gar keine Gasblasen in ihren Leitungsbahnen. 4 Proben mit lebendem und 4 Proben mit getötetem Holzparenhym brachte ich in eine gewöhnliche feuchte Kammer; die übriggebliebenen 2 lebenden und 2 abgetöteten Proben dagegen kamen in eine feuchte Kammer deren Atmosphäre mit Chloroform gesättigt war.

Die Untersuchungen erfolgten in mehreren Zeitintervallen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 67 enthalten als Mittelwerte aus je 5 Messungen.

Tabelle 67.

Dauer der Lage in der feuchten Kammer	Lebendige Proben		Getötete Proben	
	I	II	I	II
0	9.91	9.59	0.—	0.—
20 Stunden	8.73	12.29	0.—	0.—
47 Stunden 30 Minuten .	4.74	7.87	0.—	0.—
50 Stunden	2.82	6.95	0.—	0.—
Chloroformkammer				
0	9.91	9.59	0.—	0.—
21 Stunden 15 Minuten .	5.28	7.80	0.—	0.—
48 Stunden	4.00	3.02	0.—	0.—

In den getöteten Proben war somit während des ganzen Versuches keine Veränderung zu beobachten, dagegen nahm der Gasblasengehalt der Leitungsbahnen in den lebenden Proben in der Chloroformkammer schneller ab als in der gewöhnlichen feuchten Kammer.

Am 13. VII., um 10 Uhr 30, wurden 14 Proben, deren Länge 8.5 cm und deren Dicke ca. 4.5 mm betrug, aus 1 m hoch inserierten Buchenästen entnommen. Eine Probe gelangte sofort zur Untersuchung, vier kamen in die feuchte Kammer und zwei in die Chloroformkammer.

Die sieben übriggebliebenen wurden durch 2-stündiges Erhitzen mit Wasserdampf abgetötet und nachher in ausgekochtem Wasser abgekühlt. Nach der Abkühlung gelangte eine Probe sofort zur Untersuchung; vier wurden in die feuchte Kammer und zwei in die Chloroformkammer eingelegt. Die Zahlenergebnisse sind Mittelwerte aus je 4 Messungen.

Tabelle 68.

Dauer der Lage in der feuchten Kammer	Lebendige Proben	Getötete Proben
0	5.29	4.90
4 Stunden 30 Minuten .	11.12	5.81
24 Stunden	7.23	5.15
29 Stunden 30 Minuten .	8.65	4.84
47 Stunden 30 Minuten .	7.58	5.04
Chloroformkammer		
0	5.29	4.90
5 Stunden 30 Minuten .	6.33	6.02
28 Stunden	5.47	4.45

Aus Tabelle 68 ist zu ersehen, daß der Gasblasengehalt bei den getöteten und den in der Chloroformkammer befindlichen Proben nur äußerst wenig von demjenigen der Kontrollproben abweicht. Dagegen

weisen die in der feuchten Kammer belassenen lebenden Proben einen größeren Gasblasengehalt auf.

Am 22. VI., um 10 Uhr, schnitt ich elf 30 cm lange Buchenzweige ab, die 1 m über dem Boden inseriert waren. Ein Zweig wurde sofort untersucht, vier entrindete ich auf eine Strecke von 5 bis 8 cm von der Schnittfläche an und bestrich letztere mit Wachs. Diese vier Zweige stellte ich mit sechs anderen, nicht entrindeten, in Wasser und brachte sie in die feuchte Kammer.

Proben wurden in verschiedenen Entfernungen von der Schnittfläche entnommen und in verschiedenen Zeitintervallen untersucht. Die Ergebnisse sind Mittelwerte aus je 4 Messungen.

(Siehe Tabelle 69, Seite 94).

Aus Tabelle 69 folgt, daß der Gasblasengehalt der Leitungsbahnen sowohl bei den entrindeten, wie bei den mit Rinde versehenen Zweigen in der feuchten Kammer zunahm. Nach 24 Stunden war das Maximum erreicht, um dann allmählich wieder abzunehmen. Bei den Proben, die an ganz feinen Stellen der unentrindeten Zweige entnommen wurden, war eine Gasvermehrung nicht zu beobachten.

Am 30. VI., um 11 Uhr, schnitt ich 11 Buchenzweige von ca. 35 cm Länge ab. Ein Zweig wurde als Kontrolle sofort untersucht, die anderen in die Chloroformkammer eingestellt. Vier von den Zweigen entrindete ich auf eine 8 bis 10 cm lange Strecke von der Schnittfläche an; die Schnittfläche selbst wurde mit Wachs zugeklebt. Alle Zweige standen ca. 15 cm tief in Wasser, so daß die entrindeten Stellen untertauchten. Wie beim vorhergehenden Versuche so wurden auch hier Proben in verschiedenen Entfernungen von der Schnittfläche ent-

nommen und in verschiedenen Zeitintervallen untersucht. Die Resultate sind Mittelwerte aus je 4 Messungen.

Tabelle 69.

Dauer der Lage in der feuchten Kammer	Dicke an der Schnittstelle in mm.	Länge des Zweiges in cm.	Stärke der Beblätterung	Gasblasengehalt
0	2.96	5+30	13+33	1.50
4 Stunden 50 Minuten	3.40	5+30	2+33	2.71
24 Stunden	2.25	5+30	2+21	4.86
30 Stunden 45 Minuten	2.75	5+30	6+19	3.61
48 Stunden	2.80	5+30	13+23	2.86
76 Stunden 30 Minuten	2.60	5+25	0+24	3.12
0	1.85	20+15	24+22	1.97
4 Stunden 50 Minuten	1.45	20+15	24+11	1.60
24 Stunden	1.30	20+10	13+10	1.84
30 Stunden 45 Minuten	1.40	20+15	20+5	1.91
48 Stunden	1.50	20+15	29+7	1.78
76 Stunden 30 Minuten	1.30	20+10	18+16	2.65
Entrindete Äste				
0	2.90	5+30	13+33	1.50
28 Stunden 30 Minuten	2.20	5+27	3+21	2.45
47 Stunden	2.80	5+30	0+37	2.30
477 Stunden	2.40	5+30	3+21	2.39
0	1.85	20+15	24+22	1.97
28 Stunden 30 Minuten	1.35	20+12	24+10	3.44
47 Stunden	1.60	20+15	25+12	2.57

Tabelle 70.

Dauer der Lage in der Chloroformkammer	Dicke an der Schnittstelle in mm.	Länge des Astes in cm.	Stärke der Beblätterung	Gasblasengehalt
0	2.60	5+30	4+30	5.13
5 Stunden 45 Minuten .	2.55	5+30	16+29	3.27
27 Stunden 45 Minuten .	2.55	5+30	12+28	4.98
53 Stunden	2.30	5+30	9+35	3.49
76 Stunden 30 Minuten .	2.50	5+30	10+35	0.33
0	1.40	20+15	26+8	5.73
5 Stunden 45 Minuten .	1.75	20+15	29+16	2.80
27 Stunden 45 Minuten .	1.80	20+15	28+12	2.89
53 Stunden	1.10	20+15	27+17	0.51
76 Stunden 30 Minuten .	1.35	20+15	21+24	0.00
Entrindete Zweige				
0	2.60	5+30	4+30	5.13
28 Stunden 30 Minuten .	2.50	5+30	4+32	4.62
47 Stunden 30 Minuten .	3.00	5+30	25+35	2.91
75 Stunden 30 Minuten .	2.60	5+30	11+33	1.72
0	1.40	20+15	26+8	5.73
28 Stunden 30 Minuten .	1.65	20+15	21+15	1.62
47 Stunden 30 Minuten .	1.80	20+15	48+12	0.43
75 Stunden 30 Minuten .	1.45	20+15	33+11	0.00

Es ergibt sich aus Tabelle 70, daß, je länger die Zweige in der Chloroformkammer sich befanden, desto weniger Gasblasen in den Lumina ihrer Leitungsbahnen zu finden waren. Dies gilt sowohl für die entrindeten, wie für die nicht entrindeten Exemplare. Durch Zukleben der Schnittfläche wollte ich das Eindringen

kontinuierlicher Wasserfäden in die Leitungsbahnen des Zweiges verhindern.

Versuche mit Aesten von Picea excelsa.

Bei Picea beschränkte ich mich auf eine geringere Anzahl von Versuchen, weil das Verhalten ein ähnliches war wie bei Fagus.

Am 24. IV. schnitt ich, um 9 Uhr 30, bei schönem Wetter und 20° C inserierte Äste ab, die sich 3 m über dem Boden befanden. Der eine Ast wurde sofort an zwei verschiedenen Stellen untersucht, die Ausschnitte der zwei andern Äste kamen zuerst eine gewisse Zeit in die feuchte Kammer zu liegen.

Die Resultate sind Mittelwerte aus je 5 Messungen.

Tabelle 71.

Dauer der Lage in der feuchten Kammer	Stärke der Benadelung	Dicke an der Schnittstelle in mm.	Länge des Astes in cm.	I	II	III	IV
0	7500+10200	11.10	50+90	0.24	1.94	3.11	3.81
4 St. 30 Min.	6900+9600	11.40	50+100	3.84	1.33	2.89	6.56
24 St.	8000+8100	10.00	50+85	1.61	3.16	3.38	5.14
0	16100+2300	5.60	100+40	0.36	0.81	—	—
4 St. 30 Min.	14900+1600	5.90	100+50	1.35	4.52	—	—

Tabelle 71 beweist, daß die Leitungsbahnen des Picea-Astes im feuchten Raume erheblich an Gasblasen zugenommen hatten.

Ein vollständig analoges Resultat ergab ein Versuch vom 29. IV., den ich um 2 Uhr, bei schönem Wetter und 16° C mit drei Fichtenästen ausgeführt

habe. Die Bedingungen, unter welchen die Äste sich befanden, wie auch ihre Benadelung, Dicke, Länge etc. waren gleich. Die Resultate sind Mittelwerte aus je 5 Messungen.

Tabelle 72.

Dauer der Lage in der Feuchten Kammer.	I	II	III	IV
0	2.28	2.33	4.61	8.3
0	1.93	1.84	4.18	9.02
3 Stunden	5.27	4.72	6.68	11.77

Die in diesem Abschnitt angegebenen Beobachtungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen :

1. Getötete Proben, deren Leitungsbahnen von Gasblasen frei waren, haben auch durch das Verbleiben in der feuchten und Chloroformkammer ihren Gasgehalt nicht verändert.

2. Bei getöteten Proben, deren Leitungsbahnen Gasblasen enthielten, wurde in der feuchten und Chloroformkammer weder eine Vermehrung noch eine Verminderung des Gasgehaltes konstatiert.

3. Proben, die lebendige Holzelemente enthielten, entwickelten in der feuchten Kammer während einer gewissen Zeit Gasblasen ; nachdem aber der Gasgehalt der Leitungsbahnen ein gewisses Maximum erreicht hatte, nahm er allmählich wieder ab.

In der zur Anästhesierung benutzten Chloroformkammer bildeten sich keine Gasblasen ; der Gasgehalt der Leitungsbahnen nahm rascher ab als im vorhergehenden Falle.

4. Die Gasblasenveränderungen in den Proben, die lebendige Holzelemente besaßen, fanden vorwiegend in den ersten Jahresringen statt.

Solange die lebenden Aststücke in der feuchten Kammer ihren Gasblasengehalt vermehrten, verhielten sie sich ähnlich wie diejenigen Proben, die bei herabgesetzter Transpiration untersucht wurden.

Unsere Versuche führen uns also zum Schlusse, daß die lebenden Elemente des Holzes für den Gasgehalt der Leitungsbahnen von Bedeutung sind.

Das Verschwinden der Gasblasen bei mäßiger Transpiration dürfte durch die Auflösung im Transpirationswasser bedingt sein. Ist die Transpiration schwach, dann ist die Geschwindigkeit des durch die Leitungsbahnen fließenden Wassers gering und dementsprechend sind auch die Versuchsobjekte reich an Gasblasen. Mit zunehmender Transpirationsintensität wird die Geschwindigkeit des Saftstromes größer, weshalb derselbe dann auch mehr Gas aufzulösen vermag. Wird die Transpiration aber zu stark, und der Verbrauch an Wasser größer als die Zufuhr, dann nimmt, wie leicht begreiflich, der Gasgehalt wieder zu.

Zusammenstellung der Resultate.

1. Gasblasen wurden in den Leitungsbahnen meiner Versuchsobjekte immer gefunden.

2. Die jüngeren Jahresringe waren im Allgemeinen gasärmer als die ältern; doch wies auch der jüngste Ring stets Blasen auf und enthielt manchmal sogar mehr Gas als die ältern.

3. Bei Picea excelsa waren die Gasblasen sowohl im Früh- wie auch im Spätholz hauptsächlich an den Jahresgrenzen zu finden; sie traten in allen Jahresringen,

sowohl im Früh- wie auch im Spätholz auf. Die Leitungsbahnen des Spätholzes führten im Allgemeinen weniger Gas als diejenigen des Frühholzes, doch verhielt es sich manchmal auch umgekehrt.

4. Eine Vermehrung der Gasblasen wurde sowohl bei sehr schwacher wie auch bei sehr starker Transpiration festgestellt. Dementsprechend war der Gasblasengehalt am Abend und in der Nacht größer als am Tage, und nahm bei schönem und heißem Wetter von Morgen gegen Mittag zu.

5. Die größten Schwankungen im Gasgehalt traten sowohl bei Fagus wie auch bei Pícea in den jüngsten Jahresringen auf.

6. Den stärksten Gasblasengehalt bemerkte ich bei der Buche im Allgemeinen im Winter, den geringsten Ende Frühjahr und Anfang Sommer. Bei der Fichte fand ich am meisten Gas im Herbst, am wenigsten im Winter, doch waren hier die Schwankungen viel geringer als bei der Buche.

7. Die von mir untersuchten Buchenblätter und Fichtennadeln führten fast immer Gasblasen in ihren Leitungsbahnen.

8. Die lebenden Holzelemente üben auf den Gasblasengehalt der untersuchten Objekte einen nicht unbedeutenden Einfluß aus.

Literaturverzeichnis.

1. **J. Sachs.** Gesammelte Abhandlungen über Pflanzen-Physiologie, Bd. I, 1892.
2. **R. Hartig.** Über die Verteilung der organischen Substanz, des Wassers und Luftraumes in den Bäumen, und über die Ursache der Wasserbewegung in transpirierenden Pflanzen, 1882. — Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut zu München, Bd. II.
3. —— Zur Lehre von der Wasserbewegung in transpirierenden Pflanzen, 1883, Bd. III.
4. **P. Claussen.** Über die Durchlässigkeit der Tracheidenwand für atmosphärische Luft. Flora, Bd. 88. Jahrgang 1901.
5. **G. Volkens.** Über Wasserausscheidung in liquider Form an den Blättern höherer Pflanzen. Dissertation, Berlin, 1882.
6. **K. Pappenheim.** Eine Methode zur Bestimmung der Gasspannung im Splint der Nadelbäume, Dissertation, Berlin, 1892.
7. **E. Strasburger.** Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen, 1891.
8. **L. Jost.** Pflanzenphysiologie, 1908.
9. **A. J. Ewart.** On the ascent of water in trees. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Ser. B., 1904.
10. **S. Schwendener.** Untersuchungen über das Saftsteigen. Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie zu Berlin. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse vom 8. Juli 1886.

11. **S. Schwenderer.** Vorlesungen über mechanische Probleme der Botanik, bearbeitet von Holtermann, 1909.

12. —— Zur Kritik der neusten Untersuchungen über das Saftsteigen. Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften. Gesamtsitzung vom 3. November 1892.

13. **M. Scheit.** Beantwortung der Frage nach dem Luftgehalt des wasserleitenden Holzes. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, Bd. XVIII., N. F. XI.

14. **E. Godlewski.** Zur Theorie der Wasserbewegung in den Pflanzen. Pringsheims Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XV., Heft 4.

15. **H. H. Dixon.** Transpiration and the Ascent of Sap. Progressus rei botanicae, 1909.

16. **H. Deveaux.** Sur une action permanente qui tend à provoquer une tension négative dans les vaisseaux du bois. Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 1902.

17. **F. Noll.** Über die Luftverdünnung in den Wasserleitungsbahnen der höheren Pflanzen. Sitzungsberichte der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn, 1897.

LEBENSLAUF.

Geboren den 11. Mai 1886 im Landgut Ploskoje (Polen) als Sohn von Victor v. Kostecki und Paulina, geb. Mierzwinska, besuchte ich die 7-klassige Real- und Handelsschule von E. Rontaler zu Warschau. Im Sommersemester 1905 wurde ich in Freiburg i. Schw. an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät mit «D» immatrikuliert.

Im Wintersemester 1906-1907 besuchte ich die Warschauer Handels-Hochschule und im Sommersemester desselben Jahres die Krakauer Universität.

Gleichzeitig wurde ich zum Assistenten des Ing. E. Zalenski, des Direktors der biologischen Anstalt für Zuckerrübenzüchtung (Firma K. Buszczyński und M. Lonzynski) ernannt, wo ich im Mai 1907 Hauptassistent geworden bin.

Im Sommersemester 1908 habe ich meine Studien in Freiburg wieder aufgenommen.

Ich belegte die Vorlesungen und Übungen folgender Herren Professoren: In Warschau: Kozlowski W. M., Karchowski, Kucharzewski, Tur, Szperl, Wajberg, A. Zielinski. In Krakau: Brzezinski, E. Godlewski, Janczewski. In Freiburg: Baumhauer, Bistrzycki, Daniëls, Dhéré, Dobrzycki, de Girard, Glücksmann, Gockel, Kathariner, de Kowalski, de Thiérry und Ursprung. Ihnen allen spreche ich meinen besten Dank aus.

Herrn Professor Dr. A. Ursprung fühle ich mich für seine wertvollen Ratschläge und die mir zu Teil gewordene Anregung zu besonders herzlichem Dank verpflichtet.

Freiburg (Schweiz). — St. Paulus-Druckerei.